Science Council of Canada
Conseil des sciences du Canada

Discussion Paper

A National Consultation on Emerging Technology

Guy Steed
Scott Tiffin

A NATIONAL CONSULTATION ON EMERGING TECHNOLOGY

Guy Steed and Scott Tiffin
with the assistance of
Mary Wallis
and
Frances Anderson

PROGRAM ON EMERGING SCIENCE AND TECHNOLOGIES
SCIENCE COUNCIL OF CANADA

May 1986

Discussion papers are working documents. They are made available by the Science Council of Canada, in limited numbers, to interested groups and individuals for the benefit of their comments.

The views expressed in this discussion paper are those of the authors and are not necessarily endorsed by the Science Council of Canada.

Copies of

A NATIONAL CONSULTATION ON EMERGING TECHNOLOGY

are available
free of charge from:

The Publications Office
Science Council of Canada
100 Metcalfe Street
Ottawa, Ontario K1P 5M1

Vous pouvez aussi vous procurer la version française à l'adresse ci-dessus.

© Minister of Supply and Services, 1986

Catalogue No. SS21-5/1986-2E
ISBN 0-662-14664-6

CONTENTS

Acknowledgements	5
Executive Summary	7
Introduction: Why the Interest in Foresight?	11
Context	11
Foresight Process and Experience	12
Mandate of the Science Council's Emerging Science and Technologies Program	13
Consultative Strategy	13
PART A: THE FIRST CONSULTATION	
Whom Did the Science Council Consult?	17
Profile of Interviewees	17
Concepts and Approach	17
Limitations of the Approach	20
What is Emerging?	21
General Impressions	21
Specific Technologies and Sectors of Impact	21
Why the Concern?	26
Industry Executives	26
Government Officials	26
University Researchers	27
What is Imminent in Information Technologies?	28
Profile of Interviewees	28
Emerging Information Technologies and Timing	29
Concerns of Smaller Enterprises	29
Now What?	31
Technology Strategy	31
Canadian Strengths	31
Priority Areas for Catalytic Action	32
PART B: THE SECOND CONSULTATION	
Who Contributed their Foresight?	41
Approach	41
Response and Retrieval System	42
Overview of Responses	42

Which are the Core Technologies? 44
Microelectronics 44
Biotechnology 44
Advanced Industrial Materials 44

Which are the Sectoral Clusters? 46
Instruments 46
Science and Environment 46
Manufacturing and Transportation 47
Resources 47
Medicine 48

What is Canada's Capacity to Realize the Potential? 49
Slow Response Time 49
Insufficient Funding and Lack of Commitment 49
Roadblocks to Commercialization 49
Inappropriate Patents and Regulations 49
Shortage of Qualified Personnel 50
Adverse Social and Environmental Impacts 50
Failure to Carve Out Technological and Market Niches 50
Lack of Coordination and Development of National Strategies 50
Selected Statements of Concern 50

What are the Main Conclusions? 56
Outstanding Policy Issues 56

Appendix A: Advisory Committee Members 57
Appendix B: List of Telephone Survey Interviewees 59
Appendix C: List of Interviewees in Small Information Technology Enterprises 71
Appendix D: Abbreviations 73

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial assistance provided to the Science Council by the Ministry of State for Science and Technology in support of the consultative process undertaken for the Science Council's program on emerging science and technology; the cooperation of the provincial ministers responsible for science and technology and the help offered by their senior bureaucrats; the time and interest shown by those leading scientists and engineers who participated in the interviews and survey; and the guidance provided by members of the advisory committee. Dr Steed, Associate Director of Research and Acting Director of the Science Council's program on emerging science and technologies, wrote the first seven chapters of this report. Dr Tiffin, science adviser, is the chief author of Part B of this report. Mary Wallis and Frances Anderson also contributed to Part B. The authors gratefully acknowledge the assistance provided in preparing the report by the Kanata Consulting Group, Stargate Consultants Limited, Gordon Gow and Associates, and Jean-Marc Gagnon and Associates; and the helpful support of the Council's staff, Cristina Pleszczynska, Susan Mills, Jessie Weldon, Susan Winch, Peter Lok, and Herman Yeh.

EXECUTIVE SUMMARY

Economic renewal is a principal theme of policy in Canada. A primary route to renewal is through emerging technology; technological innovation is not an option but an imperative. In the new international environment, business and government leaders now view the early identification of threats and potential opportunities opened by emerging technologies as crucial to formulating and implementing responsive strategies. The rewards of higher living standards increasingly accrue to those best able to develop, adapt, and adopt the new technologies.

Foreseeing what is likely to emerge often involves judgements based on very faint signals. Japanese experience indicates there are strong advantages to adopting a "bottom-up" approach, soliciting the views of working scientists and engineers. Despite the different approaches used in various countries, analysts tend to converge on a small number of broad technological areas. The difficulty is to go beyond those broad areas to specific definitions of opportunities appropriate to indigenous needs, strengths, and interests. More important than such detail is the very process of eliciting expert opinion, of building interest and commitment to action. The Science Council of Canada has designed its program on emerging science and technologies to contribute to this process.

What is the map of foresight of Canada's scientists and engineers regarding emerging technologies of strategic importance for the country? Where are Canada's strengths? Is Canada strong and confident in the face of emerging technologies?

Canada's scientists and engineers foresee that, among the technologies emerging over the next decade, three core technologies will predominate — information technologies based on microelectronics, biotechnology, and advanced industrial materials.

They foresee information technology developments to be imminent and to have widespread societal impact. They suggest that Canada enjoys a strong position in particular niches at the research front in microelectronics, and has strengths in the transmission and carrier technologies in communications.

They visualize a second wave of emerging biotechnologies, whose main impacts are less clearly definable, but will be initially in agriculture, forestry, mining, and health services. They foresee the main focus of the biotechnologies to be on applications and adaptations of advances in recombinant DNA, membranes, cloning, cell and tissue culture, and instrumentation. Many fear that Canada is five to 10 years behind the rest of the world in biotechnology research.

In advanced industrial materials, Canada is even further behind international developments. This raises concerns about the threats posed to Canada's resource-based economy by advanced industrial materials. These technologies will substitute new materials for the traditional materials on which so much of the Canadian economy is based.

Scientists and engineers also identify new instruments as forming an important cluster of emerging technologies. Canada has considerable capability in this cluster in universities and public research establishments, but faces problems transferring the technology to the marketplace. Canada also has pockets of expertise in other clusters of emerging technologies, with particular strengths in the energy and medical clusters.

These are some of the main points arising from two national consultations organized by the Science Council of Canada: the first through telephone interviews with over 250 leading Canadian scientists and engineers — industrial research managers, heads of government laboratories, and university researchers; and the second through a mail survey, to which over 3500 Canadian scientists and engineers responded. The mail survey participants were mainly from universities, hospitals, and small or medium-sized firms.

The leading scientists and engineers identified over 50 emerging technologies of strategic importance for Canada's economic and social well-being for the next decade. Canada has strengths in several of these key technologies. In particular, according to a subsequent Council survey of the Canadian Research Managers Association, Canada is among the world leaders in at least six of these emerging technologies: telecommunications, enhanced oil recovery techniques, synthetic fuels, remote sensing, computer software, and hydrogen technologies. It also has significant capabilities in several others, such as advanced alloys, composite materials, conducting materials, biomass technologies, mineral leaching, coal technologies, ice engineering, and construction technologies.

Canadian research managers recommended that the Science Council bring together the key stakeholders from business, universities, and governments in workshops designed to stimulate action and identify opportunities or threats arising from several of the emerging technologies. Their priority areas are workshops on separation and membrane technologies, catalytic techniques, synthetic fuels, aquaculture, advanced polymers, composite materials, structural ceramics, surface chemistry and plasma techniques, biomass technologies, and cellulose technologies.

Canada's leading scientists and engineers clearly foresee a number of opportunities and acknowledge pockets of existing strengths; however, many of them are not sanguine about prospects in the face of expected constraints.

The Council's consultations with these leading scientists and engineers reveal a number of concerns arising about Canada's likely response to the challenges raised by these emerging technologies. Among the more prominent are that there is insufficient development work being done in Canada; the adverse impact of some information technologies on jobs; the balkanization of Canadian effort; the lack of entrepreneurship and rewards for risk takers; the need for more extensive retraining schemes; the lack of skilled people; the need for improved university-industry links; and whether to promote centres of excellence or to stress networking.

The mail survey of over 3500 scientists and engineers also identifies concerns about Canada's responses to emerging technologies. The sheer magnitude of concerns put forward and the pervasive negative outlook permeating so many responses raise serious questions about Canada's capacity to realize its potential and exploit the benefits of emerging technologies. The outstanding image that emerges is one of timidity, passivity, and dependence. Evidently, the majority of these scientists and engineers do not feel confident and strong in the face of emerging technology. Nine broad policy issues arise from the concerns expressed by this large group of Canadian scientists and engineers:

1. how to increase the speed of response to opportunities arising as technologies emerge;
2. how to deal with the adverse effects of emerging technologies;
3. how to generate commitment and obtain sufficient funding for research;
4. how to raise the entrepreneurial spirit and level of confidence in Canadian capability;
5. how to overcome the roadblocks to commercialization and improve the transfer of technology from universities and government to the marketplace;
6. how to overcome shortages of highly qualified manpower;
7. how to carve out technological and market niches;
8. how to improve coordination between key actors and develop additional strategies;
9. how to use new technologies to modernize the resource-based industries.

INTRODUCTION: WHY THE INTEREST IN FORESIGHT?

In the spring of 1984, the Science Council of Canada established a program to identify emerging science and technologies (EST) of key importance to Canadian economic and social wellbeing. The Science Council formed an advisory committee to help direct the EST program, comprising senior business, government, science, and labour representatives (Appendix A). The broad aim of the program was to help Canada become more internationally competitive and adapt to emerging technologies and a changing international situation.

Underlying the program is an acknowledgement of the need to revitalize the faltering Canadian economy, to modernize the resource-based industries, and realign the economy's structure in the face of a rapidly changing international order. Competition from Japan and the new industrial countries, as well as from traditional industrial competitors such as the United States and Western Europe, challenges Canada. Its key resource exporting industries have run into serious difficulties in the face of Third World competition, the emergence of substitute products, and faltering demand.

This report covers two parts of this experimental program. Part A outlines the procedure and results of the telephone interviews of scientists and engineers and the survey of Canadian research managers. It indicates which leading scientists and engineers were consulted; reveals their impressions of what is emerging; and draws out the range and focus of their concerns regarding the emerging technologies. At an aggregate level, the report outlines a matrix of emerging technologies and the sectors in which they are expected to have a direct impact. It provides an assessment by a number of experts in smaller firms about new information technologies. The Canadian research managers also evaluate Canada's position in these emerging technologies, identify the Canadian leaders in these technologies, and recommend which emerging technologies the Science Council should promote by holding workshops to bring together the key actors from industry, government, and universities.

Part B provides some general results from a large mail survey of Canadian scientists and engineers. It outlines clusters of technology identified by the survey respondents, indicates areas of Canadian strength, and notes the range of concerns and the pessimistic mood of many of Canada's scientists and engineers. The survey results suggest that Canada faces serious and deep-rooted problems in its ability to respond to the challenges presented by emerging technologies in a competitive international economy.

The intent of the report is to alert ministers, senior civil servants, and business people to the foresight of leading Canadian experts and their concerns about emerging technologies; to raise public interest and awareness; and to help the Science Council select topics for future workshops, panels, or conferences.

Context

At any given phase of economic development there tend to be a few key technologies whose mastery is essential for growth, competitiveness, and strategic independence. Increasingly, technological innovation is the dominant form of competition in many key sectors. Trading opportunities are continually being generated by the emergence and diffusion of new technology and trading patterns and income levels are based on the temporary exploitation of monopoly rights in new technologies.

Discoveries in science frequently lead to these new technologies, even though scientists do not necessarily foresee the commercial applications of their work. At the same time, advances in basic science increasingly depend on major technological advances. Many areas of promise are opening through this mutual reinforcement of science and technology.

Many business and government leaders view the early identification of threats and potential opportunities opened by technology as crucial to formulating and implementing responsive economic and industrial strategies. Many advanced industrial countries now use a systematic approach to identify EST of potential strategic importance.

Current resource limitations, questions regarding the relevance of science, and the increased pace of technological change also promote the need to set up mechanisms to arrive at consensus, wherever feasible, on priorities for scientific and technological development.

If advanced industrial countries are at the turning point of a cyclical period characterized by rapid, progressive innovation, what are the technologies on which many of those innovations will be built? How well prepared are Canadians to develop, adapt, and adopt these emerging technologies?

Foresight Process and Experience

Compiling the predictions of leading experts is an important step toward identifying opportunities, learning about potential dangers, and allocating scarce resources. Several countries have had recent experiences with such foresight activities.

Recent initiatives in France and Japan show how both countries have recognized that foresight activities must not only identify new research areas of long-term significance, but must also ensure that researchers and policy makers act on the results of forecasts. The best way to achieve action is to involve as many researchers and policy makers as possible in the forecasting process to raise awareness and build commitment.

In particular, Japan is using a "bottom-up" approach to forecasting, which solicits the views of working scientists and engineers, rather than the centralized "top-down" approach often favoured by government. The Japanese experience also suggests that reliable identification of emerging areas of strategic research is made much easier by using an approach that fully integrates science-push and demand-pull perspectives -- a synthesis best achieved by involving large numbers of active researchers from universities, government laboratories, and industry in the forecasting process. The role of government ministries and agencies is confined to identifying broad trends only, provided that the range of activities surveyed is broad enough to permit a holistic overview.

Japan provides just one example of the type of foresight activities now being carried out. However, in spite of the different approaches and forecasting techniques used in different countries, analysts all over the world have identified a small number of broad technological areas as being of great economic importance. The 1983 list of core technologies, according to the United States National Academy of Engineering, includes microelectronics, computers, new materials, robotics, telecommunications,

aerospace technologies, and biotechnology. The difficulty is to go beyond those broad areas to specific definitions of opportunity appropriate to indigenous needs, capabilities, and interests. More important than such detail is the actual process of eliciting expert opinion, of building interest in and commitment to action, and of developing consensus on prospects for the future. The process must serve a broader purpose than simply producing a forecast. Identifying a range of possible developments can help stimulate public discussion of desirable futures and of the role of government in such futures.

Mandate of the Science Council's Emerging Science and Technologies Program

The EST program has the following purposes:

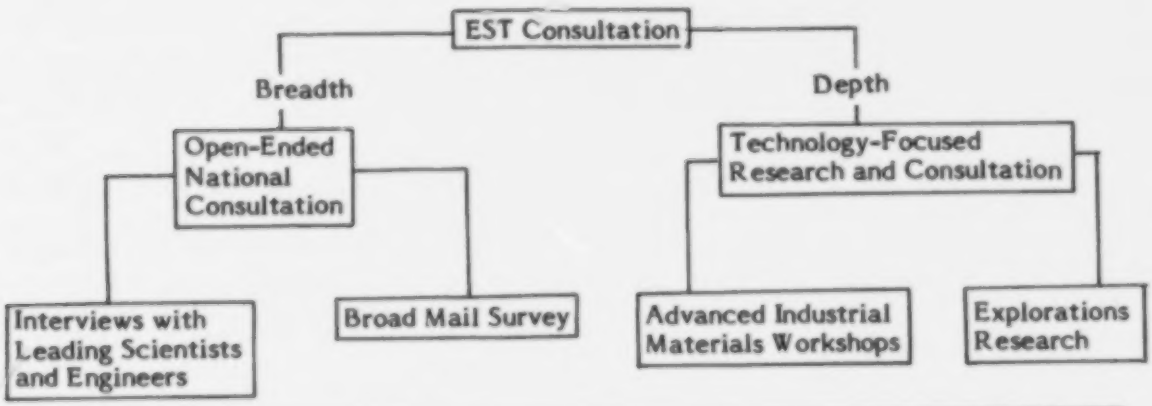
- to ask Canadians at the leading edge of technology to identify which EST they consider important for economic and social development in Canada;
- to establish which business or socioeconomic sectors are likely to be most affected by EST;
- to assess the probability of commercializing EST during the next decade;
- to determine the focus and urgency of concerns about Canada's responses to EST held by those at the leading edge of technology;
- to bring together research and business experts to identify and discuss opportunities, challenges, constraints, and other related matters and to generate consensus on requirements for future action;
- to raise public awareness of EST that may affect future economic and social development in Canada.

Consultative Strategy

To fulfil its mandate, the EST program is following a fourfold consultative strategy:

1. Telephone interviews with leading scientists and engineers provided an initial overview and discussion in areas that warrant more detailed attention. This was followed by a survey of Canadian research managers.
2. A mail survey of 3500 researchers, research administrators, and others knowledgeable in science and technology was carried out to obtain a more "holistic" and refined overview.
3. A series of workshops on topics such as advanced industrial materials was initiated to assess the Canadian and international situation, define constraints and opportunities, and stimulate consensus and action.
4. An explorations research program was designed to explore areas of opportunity identified by the other consultative exercises and to bring together research and business experts in panels and workshops.

Figure 1: Consultative Strategy



PART A

THE FIRST CONSULTATION

WHOM DID THE SCIENCE COUNCIL CONSULT?

Profile of Interviewees

In October and November 1984 the EST program conducted interviews with 215 leaders in Canadian science and technology from industry, government, and the universities. The distribution of interviewees was approximately even among the three groups. About one quarter of the interviewees were francophone (Table 1).

The industrial interviewees included virtually all the leaders of Canadian industrial R&D. They were selected from several lists of performers of R&D, in particular, the Financial Post surveys of 1983 and 1984. The interviewees were mostly directors of research, vice-presidents, or engineering managers (see Appendix B) from a variety of resource and manufacturing sectors, including the electrical and electronics industries, telecommunications, the energy sector, mining, and metals industries (Table 2).

The government interviewees were evenly distributed between federal and provincial levels. The federal interviewees included the directors of research divisions of the National Research Council; heads of other major federal laboratories; and senior bureaucrats in departments or ministries with key science and technology functions. The provincial interviewees included leaders in provincial research organizations (PROs) or ministries of science and technology (Table 3).

The university interviewees were researchers with grants from the Natural Sciences and Engineering Research Council or the Medical Research Council. Many were members of committees in those organizations. Nearly one-half were from medicine or the biological sciences (Table 4).

Concepts and Approach

The interviewees were asked to identify those emerging technologies they considered of strategic importance for Canada in the next decade. Emerging technologies were defined as those that are not yet commercial but that are now emerging from the labs or will emerge within the next five years. "Emerging" was also interpreted to mean evolving in the sense of incremental advances on existing technologies. (For example, expert systems are already being used to assist in the maintenance of diesel electric locomotives or to explore for oil. Although current applications are relatively unsophisticated, research will give these expert systems much greater capabilities within five years.) Interviewees were also requested to identify the sectors of the economy on which these technologies are most likely to have a direct impact; and to express any concerns they had about these technologies.

The interviewees were supportive and responsive. Interviews took from 10 to 70 minutes, the average being about 20 to 25 minutes long. In several cases, industry and government research directors brought in other senior researchers to hold a conference call. Several polled their colleagues prior to the interview.

Table 1: EST Telephone Survey 1984: Number Interviewed

Language	Industry	University	Government Federal	Government Provincial	Total
English	50	51	29	26	156
French	24	20	6	9	59
Total	74	71	35	35	215

Table 2: EST Telephone Survey 1984: Industrial Interviewees

Electrical, electronics, and telecommunications	27
Energy, mining, and metals	18
Food and beverage	7
Chemical	5
Transportation equipment	5
Instrumentation	4
Forest products	3
Others	5
Total	74

Table 3: EST Telephone Survey 1984: Government Interviewees	
Federal departments and laboratories	15
Federal corporations and agencies	5
NRC (division heads)	15
Provincial ministries and advisers	21
PROs and provincial agencies and corporations	13
Municipal research institute	1
Total	70

Table 4: EST Telephone Survey 1984: University Interviewees	
Medicine	20
Engineering	14
Biological sciences	14
Physical sciences	9
Earth sciences	7
Chemical sciences	7
Total	71

Limitations of the Approach

Although the use of interviews was considered the best approach for this kind of consultation, there were drawbacks. For example, replies were based on the interviewees' subjective perceptions of the situation and their interpretation of the contextual environment. They had to be accepted on a prima facie basis. Moreover, despite efforts to distinguish technologies in detail, some blurring is inevitable. Some interviewees, for instance, covered several technologies under one generic name, whereas others combined microelectronics and computers, or computers and computer-aided design (CAD), or robots and computer-aided manufacturing (CAM).

Estimates about the timing of commercialization of a technology also may not be very accurate. Commercialization often takes longer than originally estimated. American studies indicate that the time required to develop an idea in the laboratory before reaching commercialization is usually from 13 to 18 years. Japan's Economic Planning Agency found that it took 3.5 years on average (1953-73) from the time of importing foreign technology to commercializing it in Japan, a pace nearly twice as fast as the time taken in France, the United States, Britain, or West Germany.

Finally, some interviewees may have chosen to withhold information on emerging proprietary technology. However, very few provided information that they requested be kept confidential.

WHAT IS EMERGING?

General Impressions

Emerging technologies can be usefully categorized into five groups: information technologies, biotechnologies, advanced industrial materials, energy technologies, and other manufacturing and processing technologies. Categorizing the technologies in this manner, however, ignores the important overlaps and synergistic interactions between the technologies.

The general technological areas identified are similar to those specified by recent foresight approaches in other countries. Both government and industrial interviewees placed the main emphasis on the continuing vitality of the information technologies. Interviewees visualized a plethora of developments in the information technologies to be of strategic importance for Canada. They expected most of these developments to be well under way by 1990.

Interviewees gave secondary but still major emphasis to the biotechnologies. They predicted that these would be less imminent but would nevertheless overlap the current revolution in information technologies. A few interviewees identified other groups of technologies as being of strategic importance for Canada in the next decade.

On which sectors will these emerging technologies have a direct impact? The frequency with which interviewees identified a technology with a particular sector simply indicates a degree of consensus among this group of leading experts. It should not be interpreted as a measure of the potential scale of impact or of the priority that should be given to a technology.

In general most of the interviewees agreed that:

- information technologies will have the most widespread social impact in the next decade;
- information technologies will have their major impact on the manufacturing, service, and communication sectors;
- biotechnologies will have their greatest impact on agriculture, but will also affect manufacturing, services (health), and forestry;
- other emerging technologies will affect manufacturing or the mining and energy industries. (Table 5)

Specific Technologies and Sectors of Impact

The interviewees identified 30 specific technologies and the sectors on which these technologies will have a direct impact. These are listed in Table 6 in the order of the frequency with which they were mentioned. Genetic engineering receives much the greatest attention, followed by enhanced microelectronic chips, artificial intelligence, cell and tissue culture, microcomputers, computer-assisted design/manufacturing/programming/engineering, (CAD/CAM/CAP/CAE) and robotics.

Table 5: EST Telephone Survey: Matrix of Emerging Technologies and Sectors of Impact

Sector of impact	Information technologies	Biotech-nologies	Advanced industrial materials	Energy technologies	Other technologies
Widespread societal impact	●	•	•	•	•
Agriculture	•	●	•	•	•
Forestry	•	•	•	•	•
Fisheries	•	•	•	•	•
Mining/energy	•	•	•	•	•
Manufacturing	●	•	•	•	•
Communication	•		•	•	•
Services	•	•	•	•	•
Utilities	•	•	•	•	•
Construction	•	•	•	•	•

Key

Times Identified

• 5 or less

• 6 - 10

• 11 - 40

● 41 - 70

● 71 - 100

● over 100

based on a survey of 215 interviewees

Table 6: Thirty Emerging Technologies and Sectoral Impacts

Technology	Sector of Impact
1. Genetic engineering	agriculture, manufacturing (pharmaceuticals), services (health), forestry, mining
2. Enhanced chips/gallium arsenide	manufacturing (electronic & scientific equipment), communications, defence
3. Artificial intelligence	services, manufacturing
4. Cell/tissue culture	services (health), manufacturing (pharmaceuticals, food), agriculture, forestry
5. Microcomputers	services, manufacturing, defence
6. CAD/CAM/CAP/CAE	manufacturing, services, communications
7. Robotics	manufacturing, mining
8. Composite materials	manufacturing (automobile, aircraft)
9. Remote sensing	forestry, agriculture, mining, services, defence
10. Imaging	manufacturing (electronics), services, mining communications
11. Fibre optics	communications, manufacturing (electronics)
12. Monoclonal antibodies	agriculture, manufacturing (pharmaceuticals), services (health)
13. Computer software	manufacturing, services, communications, defence
14. Advanced polymers	manufacturing
15. Lasers	manufacturing (electronics, transportation, medical instruments), services, communications

Table 6: Thirty Emerging Technologies and Sectoral Impacts (continued)

Technology	Sector of Impact
16. Synthetic fuels	manufacturing (refining), energy, services (transportation)
17. Coal technologies	mining, manufacturing
18. Food irradiation	manufacturing (food, chemicals), agriculture
19. Telecommunication	communication, services, construction
20. Surface chemistry/plasma technologies	manufacturing, energy, agriculture, services
21. Biomass	manufacturing (chemicals), agriculture, energy, forestry
22. Hydrogen energy technologies	manufacturing, utilities, energy
23. Separation and membrane technologies	manufacturing (food, chemical)
24. Fermentation	manufacturing (food), agriculture
25. Structural ceramics	manufacturing (metal, transportation)
26. Optoelectronic/storage systems	communications, manufacturing (electronics)
27. Construction technologies	construction, mining
28. Speech recognition	manufacturing, services
29. Photovoltaics	manufacturing (electronics), communications
30. New alloys	mining, manufacturing (transportation)

Other technologies identified by two or more interviewees include:

31. Enzyme technologies
32. Blood product technologies
33. Cell receptors
34. Peptides
35. Mineral leaching
36. Cellulose technologies
37. Natural language translation
38. Vision system sensors
39. Ice engineering
40. Aquaculture
41. Enhanced oil recovery technologies
42. Heat pumps
43. Solar energy
44. Conducting materials
45. Amorphous and glassy metals
46. Biomaterials
47. Advanced carbon composites
48. Catalytic techniques
49. Microgravity technologies
50. Superconducting technologies

The distinctions between some of these technologies are not, in practice, as clear cut as this table might imply. For instance, robotics includes computers, imaging, artificial intelligence, computer software, and speech recognition. Some of the broader headings subsume a variety of other technologies.

WHY ARE THEY CONCERNED?

Industry Executives

The industrial interviewees expressed two major concerns regarding the information technologies. First, they deplored the fact that too little development work is being carried out in Canada. Most is done in the United States or Japan. Canada is not designing and producing enough of the emerging information technologies to pay its way. Second, they pointed out the adverse impact upon Canadian jobs, especially as Canadian industries continue to automate to counter low wage competition. They felt particular concern for the impact of microelectronics on traditional industries. Fibre optics, for instance, will reduce the demand for copper, CAD/CAM/CAE will almost eliminate the need for drafting, and robots will replace many repetitive, unpleasant, or dangerous jobs in manufacturing and mining.

Their main concerns about biotechnologies were that Canada is not doing enough R&D; that there is too much competition between the provinces, leading to a balkanization of effort; and that there are too few trained people in this area.

The industrial interviewees expressed a variety of other concerns regarding emerging technologies. Many were very specific, such as the need for new technologies to rescue the steel industry from decreasing demand, from the substitution of advanced materials for steel, and tough foreign competition from countries with superior technology. The frustrations of the energy sector in developing new energy technologies under the constraints of national energy policies were also mentioned, as well as the technical developments that allow the production of paper from non-wood fibres, thereby threatening several traditional markets for Canadian paper.

Other concerns were more general and were mainly expressions of perceived needs for more government support and less intervention; more entrepreneurs and better rewards for risk takers; more extensive retraining schemes; improved university-industry links; and better information on world developments.

Government Officials

The government interviewees stressed that emerging technologies will help maintain the competitive position of Canada's resource-based industries and certain manufacturing sectors. "We have to conduct a technology-based defence of our resource-based industries," is a familiar refrain. Many interviewees, especially federal officials, felt that industry was not doing enough R&D in specific areas. Others emphasized the need for application more than for R&D, and for industry, rather than government, to take the lead. Several said that certain industries would be in serious trouble if they did not change their attitudes and attempt to keep abreast of such emerging technologies as ceramics and composites. Interviewees also said that the resource and construction industries appear very slow to adopt emerging technologies.

A major concern of provincial officials, also expressed by many business people, was the need for a coordinated national effort in several technological areas to avoid unnecessary duplication of R&D. The emphasis was not on a centre-of-excellence approach, which is the approach favoured by many of the academic interviewees. They stressed instead the need for better communications and networking, with a focused effort by the best scientists and engineers, regardless of location, on specific areas of opportunity. Provincial officials voicing these concerns made particular reference to biotechnology. Several federal officials expressed similar needs for microelectronics

and advanced materials. Federal officials were also concerned about foreign technological protectionism, in particular the risk of not getting access to information about developments in advanced materials, very high speed integrated circuits, remote sensing, or biotechnology.

University Researchers

The majority of the university interviewees regarded their own research to be of a basic or fundamental nature, and were uncertain whether it had any commercial potential. This means either that university researchers are ignoring the marketplace or that in fact there are few commercial opportunities available for university research.

The interviewees generally shared four main areas of concern. First, they stressed the need for university-industry links. They decried the lack of cooperation and collaboration and were concerned that without it there would be little chance of Canadian success in exploiting technological advances. Several who were doing research they considered to have commercial potential claimed that their overtures to Canadian industry had been rebuffed, or that they had been approached as consultants only by foreign companies, or that their patents had been picked up by foreign companies. They felt that there was little demand by Canadian industry for cooperation from university researchers and that where they have generated patentable technology, as in the health technologies, the university-industry transfer mechanisms failed to take up the licences and develop the products or processes.

Second, they expressed concerns about the supply of qualified people. They were unanimous in their predictions of critical shortages of trained scientists and engineers. Good scientists are still being lost to foreign companies and universities. Canadian universities are not able to attract or retain good Canadian graduate students, and so are left with a limited population of aging, high-calibre research scientists and a small number of younger researchers. This is not an encouraging prospect when advanced industrial countries increasingly view their intellectual capital as a key to living standards and international competitiveness.

Third, the university researchers mentioned research funding. Their concerns varied regarding levels, distribution, and mechanisms of allocation, but they agreed on the vital importance of maintaining the current base of fundamental research. That base is a source of tomorrow's advances and an invaluable instrument in the training of future research scientists.

Finally, they discussed problems of the Canadian psyche and culture. In particular, they criticized the colonization of the Canadian spirit — the inability to capitalize on research advances, especially in health technologies where there is little Canadian industry into which technology can be transferred. They also deplored the lack of entrepreneurial spirit and confidence in Canadian abilities and the tendency to wait for foreigners to legitimize and herald Canadian research efforts.

WHAT IS IMMINENT IN INFORMATION TECHNOLOGIES?

In view of the emphasis given by the interviewees in the main telephone survey to the imminent impact and continuing vitality of the information technologies, the EST program undertook a follow-up telephone survey. This survey reached experts in small and medium-sized Canadian information technology firms or technology centres, on the assumption that much of the innovation in these technologies comes from the smaller enterprises. Forty-one researchers or known experts in the field were interviewed. These experts probably do more market-driven research than some of the experts interviewed in the main EST telephone survey.

Profile of Interviewees

Most of the experts interviewed came from firms with 30 to 150 employees. Of these enterprises, 30 were small, with fewer than 50 employees, and 11 were medium-sized. The enterprises represented a varied range of information technologies (Table 7). Over half were based in Ontario (see Appendix C). Most of the interviewees were presidents or vice-presidents of technology for their firms.

Table 7: Profile of Interviewees in Small Information Technology Enterprises

Sector	Number of Employees		
	1-49	50-199	200+
CAD/CAM	3		
Computer	3	3	
Communications	4	1	
Marine	1		
Energy control	1		
Software	5	2	1
Microelectronic centre	1		
Instrumentation	4	2	
Electrical		2	
Process control	4		
Laser	2		
Computer-aided learning	2		
Total	30	10	1

Emerging Information Technologies and Timing

The interviewees foresaw several important developments in chip devices, including higher levels of integration, improved packaging, and surface mount components, each expected within five years. They anticipated widespread use of cellular radiophones, optical discs, block-line memory, and custom chips within 10 years. They also foresaw the emergence of several other information technologies, but differed in their views of the imminence of the commercial adoption of particular applications of fibre optics, lasers, gallium arsenide, expert systems, and natural language input. They also predicted significant developments in software, including CAD/CAM/CAE, machine vision, military languages, computer-aided learning, and computer-assisted programming (Table 8).

Concerns of Smaller Enterprises

The long and detailed list of concerns expressed by the interviewees from small enterprises differs little from that of the other industrial interviewees, but tends to focus more on individual problems than on the broader problems that face Canada. The main categories of concern were R&D, education, regulation, and the pace of technological change.

Among the concerns about R&D, the interviewees noted a lack of government commitment, especially in terms of funding for long-term projects. This is a crucial area for small firms, whose survival depends on constant replenishment of their product line. Interviewees also said that funding programs are too slow and complex for small firms, and they signalled the need for a federal policy on government purchasing of artificial intelligence products from Canadian enterprises. Many also pointed out the need for Canadian firms initiating R&D to establish better links with government laboratories.

In terms of education, concerns were expressed about the shortage of skilled people, particularly graduates in computer science and the loss of other skilled graduates to the United States, because comparable opportunities are not available here.

Problems of regulation included overregulation in telecommunications and a lack of encouragement of entrepreneurship by the federal Department of Communications and the Canadian Radio-Television and Telecommunications Commission. Finally, many interviewees talked about the pace of technological change. They felt that its impact and importance in fields such as artificial intelligence are too little realized by the public and that its rate and impact in microelectronics are still not understood by decision makers in government and industry.

Table 8: Small Enterprise Survey of Emerging Information Technologies and Timing of Development

Emerging Technology	Times Applications Specified	Commercialization (Years)			
		n.s.*	0-5	5-10	10+
Devices					
Higher level integration in chips	3		3		
Surface mount components	3		3		
Improved packaging of chips	4	1	2	1	
Gallium arsenide	2	1		1	
Supercool, superspeed chips	2	1		1	
Custom chips	3		3		
Memory and Optoelectronics					
Fibre optics	6	2	2	1	1
Lasers	3	1	1	1	
Optical discs	3			2	1
Block-line memory	1			1	
Bubble memory	2		2		
Software					
Computer-aided learning	3	2		1	
CAD/CAM/CAE	2		2		
Robotics	5	2	2	1	
Machine vision	1			1	
Fifth generation systems	1	1			
Military languages (ADA, APSE, STARS)	1		1		
Artificial Intelligence					
Parallel computer systems	1	1			
Expert systems	5		2	3	
Plain language input	4	1	1	2	
Miscellaneous					
Imaging	3	1	2		
Low-pressure chemical deposition systems	1		1		
Cellular radiophones	1			1	

Note: *n.s. = not specified

NOW WHAT?

Technology Strategy

One of the first tasks in developing a technology strategy is to identify important emerging technologies that promise to alter the economy significantly and change comparative advantage. In this telephone survey, over 250 leading Canadian experts in science and technology expressed their views on which emerging technologies will be of strategic importance to Canada in the next decade, the sectors in which those technologies will have an impact, and the range of concerns they hold about these developments.

The interviewees foresaw imminent developments in information technology that would have widespread social impact. They expected that the second wave of emerging technologies, overlapping the first, would be biotechnologies, affecting agriculture, forestry, mining, and health services. They also identified other emerging technologies in advanced industrial materials, energy, and other manufacturing and process technologies. Some of these may have serious adverse impacts on specific Canadian industries, both resources and manufacturing. Others offer significant new opportunities. However, as many interviewees emphasized, these technological developments should not be considered in isolation, because the concurrent development of many related technologies and the synergistic effect of one upon the other can also produce profound changes. For instance, the development of chemical sensors based on fibre optics offers interesting commercial opportunities.

The interviewees expressed various concerns about these emerging technologies, some of a general nature, others very specific. Among their more common prominent concerns were the small amount of development work done in Canada; the adverse impact of some information technologies on jobs; the balkanization of effort; the lack of entrepreneurship and rewards for risk takers; the need for more extensive retraining schemes; the lack of skilled people; and the need for improved university-industry links.

Canadian Strengths

A common refrain is that Canada should not spread its limited resources too thinly over the spectrum of emerging technologies. Rather, it should build on its strengths. Governments and industry need to target funds, because the scale and cost of R&D are expanding and the payoffs appear to depend more and more on the choices made early in the process. But what are Canada's strengths in emerging technologies? Where does Canada rank among the leaders in technology and who are the Canadians at the forefront?

The Science Council put these questions to the 163 members of the Canadian Research Managers Association, 106 of whom are from industry and who account for most of Canadian industrial R&D. A questionnaire asked them to indicate the area in which their R&D group had expertise from among the 54 emerging technologies identified by the telephone interviewees to be of strategic importance for Canada. Those who claimed to have expertise in an area were then asked to evaluate Canada's international position in that emerging technology — leader, fair, or weak. Those who indicated that Canada was a leader were asked to identify what organizations or individuals they considered to be Canada's leaders.

Eighty-two CRMA members responded (more than a 50 per cent response rate). The nonrespondents were primarily from universities, research institutes, or provincial research foundations, or were members representing large firms in the primary and hydro industries. Thirty respondents said that they had little or no expertise in any of the 54 emerging technologies identified. The distribution of those who did have such expertise is shown in Table 9. Although there are some areas in which none have special expertise, in nine emerging technologies, 10 or more of the CRMA members state that their R&D group did have particular expertise.

Having considerable expertise is not the same thing as being among the world leaders. Moreover, assessing whether Canada is a leader is clearly a subjective judgement. Nevertheless, the results of this survey indicate several areas in which there is agreement. According to three or more CRMA members, Canada is among the world leaders in six emerging technologies: telecommunications, enhanced oil recovery techniques, synthetic fuels, remote sensing, computer software, and hydrogen technologies. At least two respondents suggested that Canada is a leader in eight other emerging technologies; advanced alloys, composite materials, conducting materials, biomass technologies, mineral leaching, coal technologies, ice engineering, and construction technologies. Table 10 indicates the evaluation provided by the CRMA members regarding Canada's position in emerging technologies, whether leader, fair, or weak. It also lists those organizations and individuals deemed by the respondents to be at the forefront of these emerging technologies.

Priority Areas for Catalytic Action

The telephone and mail surveys identified priority areas that warrant more detailed attention to avoid foreseen threats and to grasp potential opportunities. The Council has addressed some of these through its recent major study on biotechnology, Seeds of Renewal, Science Council of Canada, 1985. Other elements of the EST program have also started to act on the foresight offered by these surveys. They involve bringing research and business experts together in priority areas to identify and discuss in more detail Canadian opportunities, challenges, and constraints, to build interest, and to seek consensus on better policies or mechanisms for action. They include reports, conferences or workshops in 1984/85 on the following topics.

1. Aquaculture (see Aquaculture: A Development Plan for Canada, final report of the Industry Task Force on Aquaculture, Science Council of Canada, 1984; and Aquaculture: An Opportunity for Canadians, Council statement, Science Council of Canada, 1985).

2. Advanced industrial materials (for a report on three workshops and a subsequent survey of participants see Aant Elzinga and Sean McCutcheon, Advanced Industrial Materials: Canadian Perspectives and Opportunities, discussion paper, Science Council of Canada, 1985).

3. Plastics (for a report on a survey of international experts and a workshop see Frances Anderson, Andrew Bobkowicz, and Frederick Gerson, Emerging Plastics Technologies and the Canadian Plastics Industry, discussion paper, Science Council of Canada, 1985).

4. Biotechnology in forestry (for a detailed report on a conference see The Forestry Chronicle, October/November 1985 issue).

5. Medical devices (a report on a 1985 workshop).

6. Food irradiation (a report and proceedings of a workshop are forthcoming).

The next step was to identify additional areas in which the Science Council could catalyse action. For this purpose the Council again consulted these CRMA members who indicated that they had expertise in one or more of the 54 emerging technologies. They were invited to recommend emerging technologies in which the Science Council might usefully play a catalytic role. They recommended over 30 workshops, designed to bring together people from business, university, and government. Clearly there is a substantial demand for this type of networking to build commitment and to stimulate action. The greatest demand, coming from three or more CRMA members, is for workshops on separation and membrane technologies, catalytic techniques, synthetic fuels, aquaculture, advanced polymers, composite materials, structural ceramics, surface chemistry and plasma techniques, and biomass technologies. The task ahead for the Science Council is to try to fulfil this demand at a time when its resource base has been cut in half. It will continue to work closely with other federal and provincial agencies, as well as with trade associations, corporations, and universities, jointly sponsoring appropriate workshops.

Table 9: CRMA Questionnaire Results: Total Number of Respondents Indicating Considerable Expertise

Advanced Industrial Materials

11	Composite materials	3	Advanced carbon composites
10	Advanced polymers	3	Conducting materials
4	Advanced alloys	3	Structural ceramics

Chemical Processes

15	Catalytic techniques	6	Surface chemistry/plasma techniques
15	Separation and membrane technologies	1	Low pressure chemical deposition

Microelectronics

8	CAD/CAM/CAE/CAP	2	Enhanced chips/gallium arsenide
8	Computer software	2	Fifth generation computer systems (Microcomputers)
8	Telecommunications	2	Superconducting technologies
5	Remote sensing	1	Military computer languages
3	Cellular radiophones	1	Natural language translation
3	Fibre optics	1	Speech recognition
3	Noninvasive imaging	0	Block-line memory
3	Robotics	0	Bubble memory
3	Vision system sensors	0	Optoelectronic/storage systems
2	Artificial intelligence		
2	Computer-aided learning		

Biotechnology

10	Biomass technologies	4	Biomaterials
10	Enzyme technology	3	Mineral leaching
10	Fermentation	3	Peptides
9	Cellulose technologies	2	Cell receptors
7	Cell/tissue culture	1	Blood product technologies
6	Aquaculture	1	Monoclonal antibodies
5	Genetic engineering		

Energy

12	Synthetic fuels	6	Solar
11	Enhanced oil recovery techniques	5	Heat pumps
8	Hydrogen technologies	4	Photovoltaics
6	Coal technologies		

Other

3	Ice engineering	2	Food irradiation
2	Construction techniques	1	Microgravity technologies

Table 10: Canada's Strengths and Leaders in Emerging Technologies

Technology	Canada's Position* Leader	Fair	Weak	Canadian Leaders**
Telecommunications	7	2	1	ATC, Bell-Northern Research, DOC, DND, Northern Telecom, Mitel, Microtel, Micro-Pacific, University of Waterloo, Develcon
Enhanced oil recovery technologies	6	4	1	Imperial Oil, Gulf, EMR, AOSTRA, Petro-Canada, PRI, Syncrude, Suncor, Shell, Universities of Alberta, Calgary, Waterloo, McGill, ERL, Saskatchewan Research Council Petroleum Division, ARC, Calgary Computer Modelling Group
Synthetic fuels	6	3	1	Syncrude, Suncor, Shell, ARC, Imperial Oil, CANMET, Gulf, Petro-Canada, Partec-Lavalin, Esso, ERL, Universities of Calgary and Alberta, Husky, Consumers Co-op Refinery
Computer software	4	2		Northern Telecom, IREQ, Bell-Northern Research, NovAtel, Mitel, Universities of Toronto and Waterloo, Sed Systems
Remote sensing	4	1		Petro-Canada, Dome, Gulf, MDA Canada, CCRS, Moniteg, Nordco Seatech, Dipex, CCRS, DREA Intera, F.G. Bercha, C-CORE, Dobrocki, Perception, EMR, DOC
Hydrogen technologies	3	6	1	Noranda, Electrolyser, IREQ, Université d'Ottawa, Hydrogen Industry Council, Institute of Hydrogen Systems, AECL, Queen's, McMaster, NRC

Table 10: Canada's Strengths and Leaders in Emerging Technologies (continued)

Technology	Canada's Position* Leader	Fair	Weak	Canadian Leaders**
Biomass technologies	2	7	3	PAPRICAN, EMR, NRC, Forintek
Coal technologies	2	5	1	ERL, ARC, BCRC, NSRFC, CANMET, NRC, Universities
Composite materials (wood/resin systems)	2	3	4	MacMillan-Bloedel, Forintek
Advanced alloys	2	1	1	IREQ, Air Liquide, Canmet, AECL, Alcan, IMRI, NRC Aeronautical Establishment.
Mineral leaching	2	1		EMR, CANMET, Sherritt Gordon Mines, P.M. Leaching, Vancouver.
Conducting materials	2		1	Canada Wire & Cable, CANMET, ORF, Queen's, McMaster, École Polytechnique, Almax Industries, Magna International, Alcan-Reynolds Canada
Ice engineering	2			L. Gold, NRC, Esso, K.R. Croasdale, Gulf, Geotech, Lavalin, Acres, Laval, M. Metge (Calgary), Dome, Arctec, F.G. Bercha, Memorial University, Dobrocky-Seatech, Mobil, R. Macellus, Petro-Canada, École Polytechnique, Swan Wooster
Construction technologies	2			Dave Eyre, SRC, Saskatoon, NRC, Carleton, CANMET, NAE, Olympia-York, Beer Precase, Universities of Western Ontario and Guelph, Schock-Béton

Table 10: Canada's Strengths and Leaders in Emerging Technologies (continued)

Technology	Canada's Position* Leader	Fair	Weak	Canadian Leaders**
Catalytic techniques	1	14	3	IREQ, NRC, Université d'Ottawa, Université de Sherbrooke
Separation and membrane technologies	1	11	4	NRC
CAD/CAM/CAE/CAP	1	5	3	Bata Limited
Advanced polymers	1	5	2	IREQ
Fibre optics	1	2		Bell-Northern Research
Cellular radiophones	1	1	1	NovAtel
Food irradiation	1	1		AECL, Gamma Processing International Ltd.
Peptides	1		2	Freisen, Solomon, Copp, Bennett, Posner, Smith, Yottzman
Artificial intelligence	1		1	University of Toronto
Blood production technology	1			DCIEM
Heat pumps		5	1	
Cellulose technologies		4	2	
Fermentation		3	5	
Enzymes		3	4	
Surface chemistry/plasma techniques		3	4	
Genetic engineering		3	2	
Solar energy		3	1	
Noninvasive imagery		3		

Table 10: Canada's Strengths and Leaders in Emerging Technologies (continued)

Technology	Canada's Position* Leader	Fair	Weak	Canadian Leaders**
CStructural ceramics	2	2		
Robotics	2			
Super conducting technologies	2			
Computer-aided learning	2			
Aquaculture	1	5		
Enhanced chips (gallium arsenide)	1	1		
Fifth generation computers	1	1		
Biomaterials	1	1		
Natural language translation	1			
Speech recognition	1			
Vision system sensors	1			
Cell receptors	1			
Monoclonal antibodies	1			
Photovoltaics		3		
Advanced carbon composites		2		
Military computer language		1		
Microgravity technologies		1		

Source: Survey of CRMA members

* Figures refer to number of respondents indicating each position
** For list of abbreviations see Appendix D.

PART B

THE SECOND CONSULTATION

WHO CONTRIBUTED THEIR FORESIGHT?

The EST Program followed two approaches to fulfil its mandate. The first, reported in Part A, used telephone interviews carried out in late 1984 to get in-depth information from more than 250 leading scientists and engineers. A subsequent mail survey elicited opinions from members of the Canadian Research Managers Association. The second approach, described in Part B, consisted of a mail survey carried out in 1984-85. Whereas the first approach was oriented toward the major performers of R&D, the second, much more broadly based approach was dominated by small and medium-sized firms that have only a few scientists or engineers, and by individual researchers and engineers in hospitals and universities. It also included big firms that are not among the largest performers of R&D.

Approach

The mail survey sought the views of all those Canadians, 11 584 in total, who were considered likely to be knowledgeable about emerging science and technology, either because they were active researchers or had policy responsibilities in this area. A questionnaire was sent to 8336 research scientists and engineers in universities and hospitals; to 455 researchers, engineers, and managers in government; and to 2793 researchers in industry and labour. It was sent to all researchers holding grants from the Medical Research Council and the Natural Sciences and Engineering Research Council; to all firms that had reported to Statistics Canada that they performed R&D; to manufacturing firms employing scientists and engineers listed in industrial directories; to policy and science advisers in provincial departments of science and technology; and to other science experts in government identified by various work programs at the Science Council.

One objective was to develop a national inventory of emerging technologies considered by respondents to be of strategic importance for Canada. Other objectives were to reveal what sectors might be most affected by these emerging technologies; to clarify the concerns of respondents about Canada's potential responses to these emerging technologies; and to help establish networks of experts in particular emerging technologies.

The questionnaire posed the following five questions:

1. Which emerging technology do you consider to be potentially significant for Canadian development during the next decade?
2. Which business or socioeconomic sectors will be most affected by this emerging technology?
3. What is your estimate of the probability of commercializing this technology during the next decade? (highly likely, quite likely, as likely as not, unlikely)
4. What concern, if any, do you have about Canada's responses to this emerging technology?
5. What are the main areas of your personal science/technology expertise and experience?

Respondents were also asked to indicate whether they wished to keep this information confidential.

Response and Retrieval System

More than 31 per cent of those people to whom the Science Council sent a questionnaire responded. Among the respondents, two-thirds were based at universities, a quarter in industry and less than a tenth in government. The respondents were well distributed across the country as shown in Table 1.

Table 1: Mail Survey Responses by Province and Territory

Area	Percentage of Responses
Newfoundland	2.0
Nova Scotia	3.8
Prince Edward Island	0.3
New Brunswick	2.5
Quebec	20.7
Ontario	39.0
Manitoba	5.1
Saskatchewan	5.7
Alberta	8.9
British Columbia	11.7
Yukon, North West Territories	0.2

Source: Science Council of Canada, EST Program, Mail Survey, 1984-85.

Some respondents were terse; others provided long essays in reply. Some identified a single technology; others referred to several. To cope with the volume and diversity of responses, each return — other than those submitted in confidence — was entered into a computer database using a text recognition retrieval system.

Overview of Responses

For this survey an emerging technology was defined as "one that is not yet commercial but is now emerging from the labs or will emerge within the next five years." Emerging technologies come in a variety of forms. They may arise from basic research in laboratories, they may be incremental modifications of existing technologies, they may be applications of ideas stated long ago, or they may simply be the use of traditional technologies in new contexts. The responses fell into all these categories.

The enormous range of responses was grouped into 16 clusters of core technologies and sectors as follows:

A. Major Technologies

Microelectronics
Biotechnology
Advanced Industrial Materials

B. Sectoral Categories

Instruments
Science
Planetary Science
Cold/Northern
Environment
Space
Manufacturing
Transportation
Energy
Forestry
Mining
Food
Medicine

There is significant overlap between clusters and interaction between technologies. Within each cluster there are hundreds of separate emerging technologies, far too detailed and numerous to be listed here. The title of each cluster is only an approximation of what it contains. For example, the food cluster is made up of agriculture, aquaculture, food processing — three distinct areas.

One caveat is essential. The mail survey was an exercise in forecasting, asking experts to give their best estimate of technologies that may be in a very preliminary stage of development but that may have an important impact within a decade or so. The results are not facts but individual or collective opinions about the future, based often on very faint signals. The survey data are no more than a guide to possibilities, not a prescription of future events. They are not based on any conscious effort on our part to spell out future scenarios or particular contexts. Opportunities foreseen by some may constitute threats to others. This report can only flag opinions expressed and foresight offered. Its main use is as a steppingstone to deeper analysis and as a broad overview. Although the original design of the EST program included provisions for such deeper analysis, major cuts to the Council's budget in 1985 make it no longer feasible to follow that design.

A major feature of the survey is that three clusters — microelectronics, biotechnology, and advanced industrial materials (AIM) — account for more than half of all responses. These technologies are expected to have wide applications in most of the remaining clusters and therefore to have a considerable impact on the Canadian economy. These three are known as "core" technologies and are the basis of technological change occurring in the international arena.

WHICH ARE THE CORE TECHNOLOGIES?

Microelectronics

Responses in the microelectronics cluster can be divided into four groups of roughly equal size: computer hardware (materials and devices); computer user technology (software and systems for business, design, and education); artificial intelligence; and transmission and carrier technologies. The respondents indicated that Canada enjoys a strong position in particular niches at the research front in all these subfields, but many feared that Canada lacked the ability to translate this strength into industrial gains in certain areas. These include, for example, the development and application of synthetic aperture radar technology, modular subsurface instrumentation, and monitoring methods for *in situ* processes and mining environments.

Most of the respondents who emphasized the importance of computer hardware and computer science were experts in universities. With the exception of work on the emerging technology of semiconductor materials like gallium arsenide (of which Canada is a world-class refiner), there seems to be little connection between research and industry. By contrast, respondents who are developing new computer technology for users are mostly users or manufacturers, hence they are more involved in the whole innovation process.

Canada's successful involvement in communications is well-known and is clearly revealed in the responses that identify transmission and carrier technologies such as fibre optics, lasers, microwave, and other telecommunications technologies.

Biotechnology

Whereas the microelectronics technologies support a well-developed area of economic activity, most biotechnologies are so new that they do not yet form a distinct industrial sector. Most biotechnologies identified in the survey were seen to have applications in specific rather than broad areas. These areas include agriculture, food processing, aquaculture, medicine, pharmaceuticals, forestry, and mining.

The majority of respondents who identified biotechnologies were university and medical people, mostly in biochemistry, microbiology, biomedical science, pharmacy, animal and plant science, chemistry, and biology. They referred mainly to the application and adaptation of advances in recombinant DNA, membranes, cloning, cell and tissue culture, and instrumentation.

Canada's contribution in basic and applied biotechnology research is small; indeed, many respondents believed that Canada is five to 10 years behind in biotechnology research and is unlikely to catch up unless a "vigorous national plan" is established.

Advanced Industrial Materials

The responses in the advanced industrial materials area fell into four main groups. The first three — advanced structural materials, electronic materials, and the new processes needed to make them — have received much international attention. The fourth group, which could have a more direct impact on Canada, deals with traditional materials such as concrete, asphalt, glass, paper, and wood, all of which show great potential for improvement.

The basic thrust of technological change in AIM is to substitute lighter, stronger, more corrosion-resistant, cheaper, specially tailored materials (ceramics, advanced alloys, composites, and polymers) for the traditional materials on which the Canadian economy is largely based (steel, aluminum, concrete, and wood). Canada's resource-based economy faces a serious threat from these developments in AIM, which will make some traditional materials obsolete and reduce the production volumes needed for others.

The survey responses indicated that Canada does not actively participate in many of these AIM developments and that it compares unfavourably with the United States and Japan. Canada's strength seems to lie in the plastics industry and in the development of new metal alloys. The adoption of new process technologies is the main preoccupation of the respondents working in plastics because it is the key to the creation of a competitive industry. In the case of ceramics, composites, and traditional materials, Canada seems to have considerable research expertise and facilities. There is potential for industrial development in this area if the resources can be effectively harnessed.

WHICH ARE THE SECTORAL CLUSTERS?

Instruments

One important sector for emerging technologies is the instrument sector. The technologies in this sector include sensing and test instruments for industrial and scientific use, control systems for manufacturing and resource processing, and analytical and measurement techniques for biological processes. These technologies are a large interrelated group. Respondents suggested that there is great potential for expanding Canadian industry by capitalizing on existing leadership in areas such as laser applications and remote sensing.

Broadly speaking, the technologies in this sector deal with sensing and measuring physical phenomena in the environment and sending the resulting data to decision-making systems. The development of this sector is chiefly driven by advances in microelectronics, but other biological, chemical, and physical technologies are also involved in creating devices and systems.

The survey results indicated that most of the work in this field is being done in university and public research establishments, where leading-edge instruments and test equipment are created for research purposes. Respondents suggested that the main problem in instrument technologies is the lack of good mechanisms to transfer the new technologies to the marketplace.

Science and Environment

In the science cluster, responses dealt mainly with basic research in mathematics, physics, and chemistry. Some respondents referred to their own research areas and had difficulty identifying applications. Most respondents pointed to applications of their scientific work in emerging technologies such as laser research or surface science, which lead directly into communications and materials applications.

Planetary science is large and coherent enough to treat as an economic sector in itself. For instance, Canada's universities appear to have considerable expertise in computer weather forecasting and earth sciences. Respondents noted that Canada is a world leader in exporting expertise in geophysics and environmental geochemistry. Knowledge itself is packaged and sold as a commodity. In an information economy, this kind of activity is a major growth area. Canada has particular potential in computer software and expert systems that deal with geophysical and geochemical data.

Cold-region and northern technologies form a distinctive cluster of emerging technologies. They include cold-region agriculture and forestry, ice engineering, vessels for offshore arctic petroleum, and various other technology applications for the northern environment. The cluster is small, but many respondents indicated that it has great potential for Canadian leadership, provided Canada moves fast to establish coherent programs and mobilize expertise.

Environment is another small cluster consisting of an interrelated group of pollution control technologies (mostly biological and chemical) and a variety of software techniques dealing with quality-of-life topics ranging from oriental medicine to raised-line illustrations in texts for the blind.

The small cluster of space technologies is mainly driven by government support of private firms. Included among these technologies are aspects of communications, remote sensing, and microgravity manufacturing technologies.

Manufacturing and Transportation

The manufacturing cluster is medium-sized and includes manufacturing, construction, chemical processes, and engineering design. The relatively small size of the cluster is surprising given the scale of this sector in the economy. The responses showed clearly that manufacturing activities are being profoundly altered by the application of computer and microelectronics technologies, which raise productivity and quality and allow for faster and more flexible responses. The trend of new developments now supersedes computer-aided design and manufacturing and is pointing to computer-integrated manufacturing.

Transportation, which includes air, rail, sea, and land transportation technologies, is a small cluster. Respondents were distributed fairly evenly between those with university and those with industry backgrounds. The largest number of respondents who identified transportation technologies focused on those related to the aircraft industry, particularly to lighter-than-air/hybrid craft and helicopters. A few respondents referred to innovations in marine and rail transportation and to several inventive but unrelated advances in transportation safety. In the automotive industry the emphasis was on research in fuel-efficient engines and alternative vehicle fuels.

Resources

Forestry, mining, food, and energy are well-defined economic sectors. Considering the breadth of economic activity in some of these sectors it is surprising that so few emerging technologies were identified.

The energy cluster, which is medium-sized, includes petroleum, renewable resources, biomass, fuel cell, coal, nuclear, and hydrogen technologies. Both solar and wind energy technologies receive distinct emphasis. The responses indicated considerable industry initiative, and suggest high commercial potential in areas such as vertical-axis wind turbines, especially those applied to remote and arctic communities. In the area of nuclear power, Canada was seen to have an edge in tritium technology. Several respondents saw Canada as leading the world in high-energy fibre composite rotors (mechanical energy storage) and in hydrogen fuel technology, which they argued is now ready for commercial development here.

Many respondents focused on enhanced oil-recovery techniques and argued that Canada leads in the area of oxygen-based in situ combustion for heavy crude oil recovery. Others indicated that Canadian natural gas research has international recognition. Particularly important is research on diesel engines that use natural gas or propane, and the basic and applied research on the combustion of mixtures of gaseous fuel.

The mining technologies, which form a relatively small cluster, were seen to have tremendous potential for benefiting the mining sector. There seems to be considerable expertise in mining in Canada, but, as in agriculture, there is tension among industry, government, and the universities. Respondents mentioned initiatives in one sector that had been stalled by another sector. Some argued that the traditional mining giants are resistant to innovation, and many replies from industry pointed to the lack of capital and to inappropriate tax regulations. Some claimed that Canada is ahead in pressure leaching as a pretreatment for refractory gold ores and that this technique has export potential. Others indicated that plasma processing research in Canada, despite reported underfunding, has world-wide recognition. They foresaw several advances in this area.

The technologies in the forestry cluster support the interrelated activities of planting, harvesting, transportation, pulp and paper, and wood products. Considering the importance of this sector to Canada, it is surprising that forestry-related technologies form only a medium-sized cluster and are not often identified by respondents from industry. The majority of these technologies are extensions to, or variations of, currently available and often commercially used technologies. Forestry often overlaps with agriculture in its use of biotechnologies applied to breeding, planting, harvesting, and pest and weed control.

The food technologies include those related to agriculture, fisheries, and food processing. No responses referred to the deep-sea fisheries, but several referred to aquaculture. One bright spot in aquaculture is marine algae production, where Canada was seen to be a leader, ready to commercialize the product and to sell expertise.

About half the responses relating to food processing were from the university sector; the remainder are fairly evenly divided between industry and government. The responses indicated that in food processing, as in fisheries, little technology is emerging. However, a number of respondents cited Canada's leadership in developing and commercializing the technology for food preservation by ionizing irradiation. In the few responses dealing with dairy production, the clearest message was that, apart from some applications of biotechnology and membrane processing to milk and cheese production, little else is emerging.

The majority of responses in the food cluster dealt with plant and animal agriculture. About two-thirds were from university respondents. In animal breeding, techniques include embryo transfer, and in plant breeding, recombinant DNA technology is being applied to plants to enhance growth, promote earlier maturity, and reduce susceptibility to disease, frost, and drought. Respondents also noted Canadian contributions in seed irradiation. Strong competition is developing between the new generation of chemical insecticides and herbicides, produced from recycled waste, and alternative pest-control strategies that use natural plant products and microbes.

Medicine

The large medicine cluster includes emerging technologies in pharmaceuticals and dentistry. Respondents emphasized the application and adaptation of existing technologies such as positron emission tomography and nuclear magnetic resonance to an ever-broadening range of medical problems. There was outstanding interest in prosthetics, including implanted prostheses, myoelectrically controlled limb prostheses, and prostheses for the hearing-impaired. Home-use monitoring systems, such as implant efficiency kits, home dialysis units, and insulin pumps were also emphasized. These were seen as a way to reduce health care costs, simplify treatment, and reduce the demand on acute-care facilities.

Recombinant DNA and hybridoma technologies were repeatedly mentioned. Their applications include cancer research, the prevention of Rh disease, vaccines, the treatment of schizophrenia, the production of hormones and enzymes, the regeneration of mammalian body parts, and bacterial serotyping. The needs of the physically disabled also received considerable attention.

Virtually all the respondents identifying medical technologies were university or hospital research experts. The research in this area involves little industry pull.

WHAT IS CANADA'S CAPACITY TO REALIZE THE POTENTIAL?

In addition to asking respondents to name an important emerging technology, the mail survey also asked them what concerns they had about Canada's response to that emerging technology. The magnitude of the stated concerns and the prevailing negative outlook permeating so many responses raise serious questions about Canada's capacity to realize its full potential and exploit the benefits of emerging technologies. The prevailing feeling of many respondents was that Canadians tend to be timid, passive, dependent, and negative about their prospects.

Slow Response Time

A common complaint was that the Canadian response to emerging technology will be "too little" and "too late." Respondents referred to problems not only in the funding and administration of R&D but also in the recognition of promising areas, technology transfer and commercialization, and initiatives to maintain Canada's current position, including areas in which Canada leads, such as in subsurface instrumentation or hydrogen fuel containers.

Insufficient Funding and Lack of Commitment

Concern about the lack of R&D funds was common among respondents from all sectors, but was particularly worrisome to those in long-term basic and applied research in institutes and universities. Many respondents referred to the lack of long-term commitment and the instability of funding from governments, problems with the availability of venture capital, and the lack of organized national effort (compared with Japan and the United States) to develop emerging technologies.

Roadblocks to Commercialization

One of the most striking aspects of the responses was the high level of frustration that respondents expressed over the difficulty of capitalizing on considerable technical expertise — of translating it into commercial results. Some foresaw the emerging technologies as being excessively technology-driven rather than market-driven. Many referred to the inadequacy of technology-transfer mechanisms within Canada and the lack of Canadian companies to develop the results of Canadian university research.

Several respondents despaired at how little traditional resource and manufacturing firms know about emerging technologies that could be applied, and at the resistance of such firms to technological change. Frequently cited was the inadequacy of start-up funding and infrastructure support for new technology-based firms. Many respondents recognized the need to import many of the emerging technologies and argued for better international cooperation and awareness of foreign advances.

Inappropriate Patents and Regulations

A few respondents focused on this concern, finding it to be a particular problem in pharmaceuticals, biotechnological separation methods, aseptic food and beverage packaging, food irradiation, and pesticides and breeders' rights (the genetic patenting of genetically engineered species). Several respondents, mainly in telecommunications, forestry, and fisheries, focused on regulatory concerns, largely those relating to federal-provincial or government-industry disputes that hinder the application of emerging technology. Respondents raising concerns about public safety regulations were mainly in the agriculture and food industries and in nuclear energy.

Shortage of Qualified Personnel

Many respondents expressed concerns about a pending crisis in the availability of highly skilled personnel. Several referred to requirements for improved apprenticeship programs and cooperative industry/university training programs. These concerns focused mainly on the biotechnology and microelectronics technology clusters.

Adverse Social and Environmental Impacts

Many respondents, especially those referring to the forestry and manufacturing sectors and those from small and medium-sized firms, worried about unemployment caused by the implementation of emerging technologies in particular industries. A small number, primarily those who discussed applications of technology in the food sector, focused on problems in getting emerging technologies accepted. They also raised health, environmental, and ethical concerns. They emphasized problems, for instance, of consumer awareness and concern about food irradiation and the manipulation of animals by biotechnology. Some stressed the need for companion developments in ecological or environmental monitoring programs and for greater sophistication in evaluating possible hazards arising from the adoption of emerging technologies.

Failure to Carve Out Technological and Market Niches

Many respondents stressed that Canada's internal market for emerging technology is relatively small and were concerned about Canada's ability to carve out specialized niches in technology markets. Several identified a need for greater focus of effort, for instance, in the areas of software and expert systems. Others raised serious doubts about Canada's capacity to compete in extremely competitive and capital-intensive areas, such as computer hardware. A substantial number believed that Canada should adopt a strategy of building on strengths and developing niches involving specialized applications of emerging technologies, such as biotechnology applied in mining, agriculture, aquaculture, and forestry.

Lack of Coordination and Development of National Strategies

Many respondents saw a need for more coordination between sectors and for the development of national strategies for emerging technologies. They felt that governments should lead the way in stimulating industrial participation and should disseminate information about emerging technologies. Many respondents stressed the need for centres of excellence as a way to ensure a focused and coordinated approach to developing the new technologies.

Selected Statements of Concern

To provide a better sense of the prevailing mood, the following section contains a selection of responses from the private sector, government, and the universities.

Private Sector

1. The phrase "Too little, too late," characterizes the Canadian response to this technology [modular subsurface instrumentation]. If this continues, the lead in this field, which is currently held by Canadians, could be lost to the United States, Japan, or Europe, and we could be in a position of purchasing this vital technology from others in future years. There has been slow recognition of the potential benefits, and support from both federal and provincial governments has been weak even in the case of required purchases by related departments. In general there has been a lack of rigor in the Canadian R&D establishment in this area. These past performances make me concerned for the future of this emerging technology in Canada. (President of a B.C. company).

2. Canada is too conservative and slow to react. Often too few funds are available for development work or there is too much red tape to go through to obtain it. In addition, once something is developed, Canadian industry is often too conservative to try it. Instead they'll ask whether the Americans have used it or tried it. (Manager of R&D in an Ontario chemical firm)

3. Canada's response to the development of wind power technology is one to be proud of. Today Canada is in the forefront of vertical-axis wind-turbine generator technology. Government-funded projects have demonstrated the technical feasibility of the concepts. In order to maintain this lead, Canada must take one step further by assisting the industry by providing the financial backing to optimize the designs to the stage where commercialization of these machines can begin. (Director of a large Montreal consulting firm)

4. Both technologies [the application of plasma flames in metallurgical processing and the application of microbiology in extractive metallurgy] are very important for Canada since we depend on the export of natural resources. We're not in bad shape from a technical development viewpoint, but getting these technologies into use is lagging. (Research scientist with a major oil company)

5. My concern is that gas producers, utility companies, fuel retailers, large vehicle-fleet owners, and government departments and agencies will fail to act in concert (from a support-and-timing point of view) to firmly establish Canada as a base for the beneficial commercialization of this new technology. (President of a Calgary chemical company)

6. The usual — wait until some other country shows the way. (Chief engineer of a medium-sized Ontario machinery company)

7. It is our experience that the newest products in this field are generally accepted and adopted in foreign markets prior to the domestic market. This indicates a Canadian lack of confidence in Canadian technology. (Manager of a medium-sized B.C. firm)

8. There is a danger of Canada's limited resources being channelled into duplicating efforts elsewhere in an effort to catch up. We should be using the progress in other countries (principally the United States) as a starting point for development of systems integration. (Director of research in a Saskatchewan engineering firm)

9. It is unnecessary to build walls around Canada and attempt to develop independently. We should participate in United States, Japanese, and other programs rather than pump money into more and more Canadian R&D establishments — reinventing the wheel. (Manager of a large Quebec resource company)

10. A little knowledge is a dangerous thing! It is important that any perceived mystery and hazard in emerging biotechnology be dispelled before it's formed, by a well-planned and continuously practised public information program supported by an effective regulatory "watch dog" and communication body. (President of a Saskatchewan firm)

Government Departments and Crown Corporations

1. AECL is currently leading the world with [mininuclear reactors] but must act quickly to establish its commercialization. (Director of a federal crown corporation)

2. Unless there is sufficient financial support for these technologies [hydrogen fuel containers] they will not be developed in Canada, even though Canadian scientists may now be years ahead of the state of the art elsewhere in the world. (CEO of a federal crown corporation)

3. The transfer of technology from the lab to the marketplace requires a commitment of a substantial amount of money over a period of years. The short-term view apparently taken by most governments makes it difficult for Canada to achieve the commitment needed to establish itself as a leader in any emerging technology. We need a specific national goal with a stated time for completion, which is championed by the federal government and which extends beyond the term of any given government. (Research officer of a large Ontario crown corporation)

4. The existing Canadian effort is small, and programs are fragmented. Canada's response should be to pursue this technology [artificial intelligence applied to automation] as aggressively as our resources will permit, if necessary, head hunting for foreign talent. However, because the rapid introduction of robotic automation would disrupt Canada's economic, social, and political fabric, national policies and strategies are required to orchestrate its introduction to deal with questions such as ownership and owner responsibility to former employees and to society generally. (Director general of R&D policy in a federal government department)

5. The Europeans are leading us with this [plant growth regulators and pesticides] we need a better method of licensing pesticides. Canadian agriculture is frequently at a disadvantage internationally because we have severe controls on chemicals. (Research officer in a federal government department)

6. As a technology, both in the production of the material and its many potential applications, RST [rapid solidification technology] is suited to Canada's current state of industrial development. It calls for a moderate degree of intellectual investment and technological know-how but its capital demands are modest. But Canada is all behind again. Only one Canadian company, ALCAN, has an aware, self-sustaining and mature program of RST development, and only one other company is using (imported) material in a device that it sells. A handful of other companies are in the process of starting modest, exploratory R&D projects. Of the universities and not-for-profit institutions, only one, McGill, has a significant presence in the field (in hard magnetic alloys). I do not think extra resources are called for to deal with the situation. What is needed at the moment, is an educational program on the part of the converted to awaken industry and entrepreneurs to the opportunities. (Manager of a federal government laboratory)

7. When this technology is developed [long-fibre thermoplastic "stampable" materials], consumer-product industries, such as the automotive or appliance industries, will see a revolution in supplier base. A new organization of small "jobbers" will emerge to replace the current stamping plants, both big and small.

There is a vast number of small companies who will be forced to incorporate new materials and processes. To survive, these companies will require databases, process technologies, and new machinery to accomplish the change. The risk is that our current metal stamping plants will continue to stamp out metal parts, without gradually changing, fulfilling an ever-shrinking market that one day will disappear. The transition from a healthy industry to a nonexistent one will be gradual but complete. (Group leader in a federal government research centre)

8. Canada rarely backs a horse until it is exhausted from winning for somebody else. (Branch head of a federal crown corporation)

Universities, Research Institutes, and Hospitals

1. Assembling a critical mass of investigators in one single area poses our biggest single competitive problem. The political considerations that have in the past required decentralization of resources, coupled with the dominance of American industry in terms of development, have inhibited our own progress. (Dean, McGill University)

2. I do not believe that Canadian industry is able or willing to engage in long-term basic research; this must remain for the institutes and the universities. Current government policy does not seem to be focused on this issue. It takes years to develop a working scientific unit but the results of that labour can be destroyed in a much shorter time. I hope that steps can be taken to prevent the degeneration of the Canadian research community. (Professor, University of Waterloo)

3. The main concern stems from the fact that in most cases there still remains a very wide gulf between Canadian researchers and those who can benefit from their research. It is unfair to expect that researchers should be the ones who peddle their wares beyond the stage of having the results of their achievements published in the open literature. There is a need for an additional "agency" that somehow recognizes the potential of such achievements and acts as a "marriage broker" between the two parties to their mutual benefit. (Professor, University of Calgary)

4. Current Canadian laws discourage Canadian development in both of these areas [biotechnological separation methods and aseptic food and beverage packaging]. The lack of protection for pharmaceutical research has had a devastating effect on Canada's industry. Our laws on dairy products have made the development of mixed dairy-vegetable oil products difficult or impossible -- whereas in Europe this area has experienced a phenomenal growth. (Professor, University of Toronto)

5. The Canadian government has invested decades of research effort into aquaculture technology. We have the expertise but not the will to apply it to create a valuable labour-intensive industry. This is because our government (unlike Scandinavian and Japanese governments) has been timid in providing infrastructure support (demonstration projects, development grants, marketing, training, extension services) and because our industry and financial institutions (unlike their American

counterparts) have been reluctant to embark on or invest in such production (partly due to regulatory restrictions on crown-owned utilities or to entrepreneurial timidity by industry.) (Professor, University of Manitoba)

6. Canada has an excellent technological base upon which to build. Unfortunately, this base is strictly technology-driven. It is providing solutions looking for problems rather than analysing the marketplace and user needs and responding to these. Canada will clearly lose out to the United States, Europe, and Japan if Canadian suppliers don't place much more emphasis on user needs research, and use that to lead product design. As it is, vendors are more willing to stress sophistication than practicality. Canada is a world leader in computer technology, but it can't manage or market it. A golden opportunity is going down the drain. (Professor, University of Waterloo)

7. In all these areas [hydrogen as fuel, and so forth] we seem to be prepared to follow the old Canadian line of buying someone else's technology and acting as their technical labour force instead of reversing the procedure and selling our technology to others. (Professor, Queen's University)

8. Too little and too late. We will wait for the technology to become established in other countries, partly by exiled Canadians who could not find support here, then Canada will buy the technology and continue to be dependent on foreign know-how. (Professor, McMaster University)

9. A brain drain is beginning, as experts in artificial intelligence are being drawn (by the emerging technological possibilities) from universities to industry, and from Canada to the United States. The former flow handicaps the universities' ability to continue scientific research and to meet the growing demand for education in this area. The latter handicaps modernization of Canadian industry. (Professor of computer science)

10. Lack of patent protection in Canada is causing and will cause many projects and people in this area [biotechnology] to move to the United States. Thus companies will not do this work in Canada. (Professor, McGill University, and Shriners Hospital)

11. Canada's engineering design services could become an important commodity for international trade. We have some outstanding design teams with the capacity to use modern scientific results, supplemented by in-house applied research, to support large and complex design projects. The AECL team comes to mind immediately, as well as smaller groups such as MPB Technologies, etc. I would foresee joint ventures with Korean, Brazilian, or other manufacturers in which we would design and they would build. Some of this is already happening in the area of urban transit vehicles, but it could go much further. Sweden, for example, is apparently considering withdrawing entirely from building hulls in favour of exporting ship designs to foreign shipyards. Apparently, we already do something much like this in the commercial construction industry, with Toronto acting as a continental hub of design activity. (Vice-President of an Ontario university)

12. Canada has top-calibre industrial design teams and research groups at universities and government research laboratory facilities. These do not cooperate at all adequately on badly needed long-term objectives. (Professor, University of Toronto)

13. Too little, too late, as usual. (Professor, University of Guelph)

14. We are being too slow, and the market may be filled up by competitors (especially Norwegian). The Norwegians are about six to seven years ahead of our technology, and it is ironic that we, with greater potential than Norwegians, must learn from them. (Professor, Simon Fraser University)

15. Comparison with Sweden and New Zealand shows the Canadian effort for what it is...pathetic. My perception is that Canadian industry will respond only when the technology has been developed and the benefits and patents are owned by others. (Professor, University of British Columbia)

16. I think it is a joke to suggest we are engaged at the leading edge of science. In most university laboratories the level of funding is so abysmal that most of us are engaged in boy-scout science. (Professor, University of Waterloo)

17. My main concern is not so much with the development of the technology. The various disciplines (biochemistry, molecular biology, plant science, and so forth) are eminently capable of achieving new arrangements on old themes, or even "new organisms." I am concerned that, nowhere, whether in Canada or elsewhere, does there seem to be companion development of ecological or environmental monitoring programs that would allow ecologists to work with biotechnologists on field pilot programs to detect problems that might arise (from pest or pathogen attacks, for example) when the new varieties of crops were released for large-scale planting. (Professor, University of British Columbia)

18. I am concerned that Canada should proceed with the adoption of new technology with the greatest possible sophistication in connection with their possible hazards. (Professor, University of Toronto)

19. The general concern is the lack of technical centres of excellence with the equipment and requisite expertise to respond to good ideas from the laboratories and to develop these ideas to marketable items. Successful countries in high technology, such as Japan and the United States, have an industrial and technical base that is both receptive to ideas and able to produce the requisite prototypes for study. (Senior resident scientist, University of British Columbia)

WHAT ARE THE MAIN CONCLUSIONS?

The mail survey of Canadian scientists and engineers identified what these individuals saw as emerging technologies of strategic importance for Canada. Their responses were compiled in a computer database to enable retrieval through use of text recognition software. This report simply provides a broad overview of the responses, which are grouped into 16 technology or sectoral clusters. Three core technologies predominate -- microelectronics, biotechnology, and advanced industrial materials. The mail survey, in this regard, replicates the broad results obtained from the telephone interviews reported in Part A.

The survey results show that in microelectronics Canada occupies particular niches at the research front and clearly has strengths in telecommunications transmission and carrier technologies. In biotechnology, many respondents feared that Canadian research is five to 10 years behind. They focused on biotechnology applications and adaptation to the resource and medical sectors of advances in research on DNA, membranes, cloning, cell and tissue culture, and instrumentation. In advanced industrial materials Canada was seen to be even further behind than in biotechnology. The major concern here is the threat posed to Canada's resource-based economy by the fact that advanced industrial materials can substitute for the traditional materials on which so much of the Canadian economy is based.

Perhaps the main difference between the mail survey and the telephone interviews lies in the far greater identification in the former of the cluster of instrument technologies. This is an area of emerging technology in which Canada has considerable capability in its universities and public research establishments, but in which it faces problems in transferring the technology to the marketplace. In other technology clusters, the responses revealed a number of pockets of expertise, with particular strengths in the energy and medical clusters.

Outstanding Policy Issues

The mail survey also identified the respondents' concerns about how Canada will respond to the emerging technologies. The large number of concerns put forward and the prevailing negative outlook of many responses raise serious questions about Canada's capacity to realize its potential and exploit the benefits of emerging technologies. The outstanding impression is one of timidity, passivity, and dependence. Nine broad policy issues arise from the concerns expressed by this large group of Canadian scientists and engineers. In effect, they constitute the main agenda for science and technology policy.

1. How to increase the speed of response to opportunities arising as technologies emerge.
2. How to deal with the adverse effects of the emerging technologies.
3. How to generate commitment and obtain sufficient funding for research.
4. How to raise the entrepreneurial spirit and level of confidence in Canadian capability.
5. How to overcome roadblocks to commercialization and improve the transfer of technology from universities and government to the marketplace.
6. How to overcome shortages of highly qualified manpower.
7. How to carve out technological and market niches.
8. How to improve coordination between key actors and develop national strategies.
9. How to use new technologies to modernize the resource-based industries.

APPENDIX A: EMERGING SCIENCE AND TECHNOLOGY ADVISORY COMMITTEE MEMBERS

Chairman:
Stuart Smith
Chairman
Science Council of Canada
Ottawa

Acting Director of EST Program
Guy Steed
Associate Director of Research
Science Council of Canada
Ottawa

Members:
Susan Attenborough
National Representative
Research and Legislative Department
Canadian Labour Congress
Ottawa

Carl Beigie
Vice-President & Chief Economist
Dominion Securities Ames Limited
Toronto

Joel Bell
Consultant
Toronto

Roger Blais
Directeur
Centre d'innovation industrielle Montréal
Montréal

Pierre Bois
President
Medical Research Council
Ottawa

A. Rod Dobell
President
Institute for Research on Public Policy
Victoria

James Gilmour
Director of Research
Science Council of Canada
Ottawa

Keith Glegg
Vice-President (Industry)
National Research Council of Canada
Ottawa

Ivan Head
President
International Development Research Centre
Ottawa

Geraldine A. Kenney-Wallace
Professor of Chemistry and of Physics
Lash Miller Laboratories
University of Toronto
Toronto

Larkin Kerwin
President
National Research Council of Canada
Ottawa

Walter F. Light
Chairman
Northern Telecom Limited
Mississauga

Alternate:
D.A. Chisholm
Executive Vice-President
Technology and Innovation
Northern Telecom Limited
Mississauga

Gordon MacNabb
President
Natural Sciences and Engineering
Research Council
Ottawa

Alternate:
Gilles Julien
Executive Director
Natural Sciences and Engineering
Research Council
Ottawa

Jorge Miedzinski
Consultant
Ottawa

T.B. Nickerson
President
Nova Scotia Research Foundation
Dartmouth

Alfred Powis
Chairman and Chief Executive Officer
Noranda Mines Limited
Toronto

Science Council Project Staff
C. Pleszczynska, Science Adviser
Scott Tiffin, Science Adviser
Susan Mills, Research Associate
Jessie Weldon, Research Assistant

J.K. Pulfer
Senior Laboratory Vice-President
National Research Council of Canada
Ottawa

D.J. Saxby
President
Aqua Foods Limited
Vancouver

R. Earl Storie
President
Association of Canadian Venture
Capital Companies
Toronto

William Taylor
President
Social Sciences and Humanities
Research Council of Canada
Ottawa

Hugh Wynne-Edwards
Vice-President, R&D
Chief Scientific Officer
Alcan International Limited
Montreal

APPENDIX B: LIST OF EST TELEPHONE SURVEY INTERVIEWEES

Industrial

Bjorn Anderson
Director
IBM Canada Laboratory
IBM Canada Ltd.
Don Mills

Bernard Aurouge
Directeur
Recherche et développement
Aliments Delisle Ltée
Boucherville

W. Avel
Engineering Manager
Mobil Oil Canada
Calgary

Morrel P. Bachynski
President
MPB Technologies Inc.
Ste-Anne-de-Bellevue

Michael Baldwin
Director, Research and Development
Dow Chemical Canada
Sarnia

Robert S. Bergner
Directeur, Programmes d'ingénierie
Division des produits ferrociaire et diesel
Bombardier Inc.
Montreal

M. Bharucha
Manager of Research Division
Noranda Research Centre
Pointe-Claire

Jean-Marc Billy
President
Bio-Agral
Quebec

L.A. Borth
Vice-President, Engineering
Litton Systems Canada Ltd.
Toronto

C. Bowman
Vice-President, Research
Esso Petroleum
Sarnia

Russell Briggs
Vice-President, Exploration
Union Oil of Canada
Calgary

Peter Brojde
Vice-President of Engineering
Micom Data Systems Ltd.
Montreal

G.C. Bruce
Director of Research
Gulf Canada Limited
Mississauga

Terrence Burgan
Research Director
Algoma Steel Corporation Ltd.
Sault Ste Marie

Jean Carrière
Directeur du développement de l'entreprise
Ingersoll-Rand Canada Inc.
Montreal

Lawrence Chanasyk
Manager, Engineering and Technical Services
Versatile Farm Equipment
Winnipeg

Thomas Csathy
President
Burroughs Canada
Toronto

Simon Curry
Directeur, Recherche
Silicart
Montreal

Steven S. Danyluk
Vice-President
Research and Environmental Technology
Domtar Inc.
Montreal

D.H. Dawes
Research Manager
Dupont Canada Ltd.
Mississauga

Ian Dennett
Vice-President
New Products Research
Terminal Systems
Comterm Ltd.
Pointe-Claire

J. Desbaillets
Gérant
Génie et hydraulique de point
Ateliers d'ingénierie Dominion Ltée
Lachine

Pierre Deschamps
AES Data Ltée
Montreal

O.L. Forgacs
Senior Vice-President
Research and Development
McMillan-Bloedel
Vancouver

Roger Giroux
Directeur de recherche
Agro-Alimentaire
Agropur Coopérative
Granby

Thomas Haksi
Vice-President, Research and Development
Sydney Development Corporation
Vancouver

Don Halme, ing.
Ingénieur en chef, Recherche et développement
Petro-Soleil Inc.
Division Thermo-solar
Longueil

Fred C.E. Henry
Coordinator, Research and Development
Manufacturing Engineering
General Motors of Canada Ltd.
Oshawa

Eric J. Holden
Manager, Research and Insulation Development
Fiberglas Canada Inc.
Toronto

T.W. Humphreys
Manager, Corporate and Technical Services
(John) Labatt Limited
Toronto

Jean-Paul Huni
Directeur adjoint, Réduction
Centre de recherches Alcan
Jonquière

Fred Kee
Director of Research
Ontario Hydro
Toronto

S. Koutitonsky
Premier chimiste à la mise au point
Division Recherche sur les Emballages
CIP Inc.
Pointe-aux-Trembles

Allan Krantz
Director of Research
Syntex Inc.
Mississauga

Réal L'Archevêque
Vice-président
Développement technique
Le Groupe SNC
Montréal

Salim Lakhani
Manager, Development
Control Data
Nepean

Adrien Leroux
Président
Société Micro-électronique
industrielle du Québec
Sherbrooke

V.N. Mackiw
Executive Vice-President
Sherrit Gordon Mines Ltd.
Toronto

John Madden
President
New Media Technologies
Burnaby

Robert H. Marchessault
Vice-President
Xerox Research Centre of Canada
Mississauga

Murdoch McKinnon
CAE Industries Ltd.
Toronto

C.A.A. McPhee
Director of Research and Development
Federal Pioneer Ltd.
Toronto

Benoit Michaud
Directeur de fabrication
Berol Inc.
Lemoyne

George Miller
President and Director of Research
Nova-Husky Research Corp. Ltd.
Calgary

John Myles
Vice-President, Product Development
Microtel Pacific Ltd.
Burnaby

R.B. Nally
Manager of Technological Strategy
NCR Canada Ltd.
Mississauga

M. Thomas Neill
Vice-President, Research and
Development
Research Centre
Abitibi-Price Inc.
Mississauga

Glenn G. Nelson
Director, Technical Research
General Foods Inc.
Don Mills

John Nilson
Director, Research
Lumonics
Kanata

Charles E. O'Neill
Senior Vice-President, Research
INCO Limited
Toronto

P.E. Pashler
Vice-President, Corporate Technology
Canadian General Electric Co. Ltd.
Toronto

C.D. Patterson
President
Gandalf Data Ltd.
Nepean

M. Potter
Director
Central Electronics Group
Massey-Ferguson Ltd.
Toronto

D. Quan
Director, Research and Development
Corporate Research and Development
Department
Hawker Siddeley Canada Inc.
Toronto

Ronald Richardson
Manager of Engineering
Garrett Manufacturing Ltd.
Toronto

Serge Roch
Directeur de l'ingénierie
Harricana Métal Inc.
Amos

J.A. Roth
Chief Executive Officer
Bell-Northern Research Ltd.
Ottawa

Hugh C. Rowlinson
Vice-President, Research and Technology
C-I-L Inc.
Toronto

Aline Royer
Adjointe au président
Comterm
Pointe-Claire

B.J. Schnyder
Director of Research
Canada Packers Ltd.
Toronto

Robert Schutte
Director, Research Department
Syncrude Canada Ltd.
Edmonton

Lawrence Seeley
Manager, Metallurgical Technology
Corporate Technology Group
Falconbridge Ltd.
Falconbridge

A.K. Stuart
Chairman
Electrolyser
Toronto

Michael Sweet
Director, Research and Development
GEAC Computer Corporation
Markham

Noel G. Thomas
Director of Research
Dofasco Inc.
Hamilton

William Turner
Director, Planning and Strategy Development
Suncor Inc.
Toronto

Bart Van Cromvoirt
Research
Electrohome Ltd.
Kitchener

David Weind
Manager
Defence and Systems Research Division
Honeywell Ltd.
Willowdale

J.R. Whitbread
Vice-President
Research and Development Technology
Mitel Corp.
Kanata

Hugh Wynne-Edwards
Vice-President, Research and Development
Alcan International Ltd.
Montreal

Government

Larry Barker
Manager, Pilot Plant
Canadian Food Products Development Centre
National Research Council
Portage La Prairie

Peter Barnes
Assistant Deputy Minister
Innovation and Technology Division
Ministry of Industry and Trade
Government of Ontario
Toronto

George Bata
Directeur
Institut de génie des matériaux
CNR
Boucherville

Hans Baumans
Directeur du secteur électronique
CRIQ
Ste-Foy

Kenneth E. Bell
Head, Ceramics
Mineral Sciences Laboratory
CANMET
Energy, Mines and Resources Canada
Ottawa

Gilles Bergeron
President
AQVIR
Quebec

Pierre Berthiaume
Research Manager
Canadian National
St-Laurent

C.T. Bishop
Director
Division of Biology
National Research Council
Ottawa

Bertram C. Blevis
Executive Director
Research
Department of Communications
Ottawa

Walter Bratsberg
Senior Consultant
Technical Development Industry Division
Ministry of Industry and Trade
Government of Ontario
Toronto

S. Bywater
Head, High Polymer Chemistry
Division of Chemistry
National Research Council
Ottawa

P. Charbonnier
Senior Science Adviser
Office of Energy Research and Development
Energy, Mines and Resources Canada
Ottawa

Jack Clark
Director
C-CORE
St. John's

Dan Clarke
Coordinator, Science and Technology
Department of Commerce and Development
Government of New Brunswick
Fredericton

Alan B. Cornford
Assistant Deputy Minister
Science and Technology Department
Ministry of Universities, Science, and Communication
Victoria

Pierre Coulombe
Directeur des sciences biologiques et biomédicales
Ministère de la Science et de la Technologie
Québec

Carl Crawford
Director
Division of Building Research
National Research Council
Ottawa

E. Critoph
Vice-President and General Manager
Chalk River Nuclear Labs
Atomic Energy of Canada Ltd.
Chalk River

Glenn C.M. Derbowka
Director, Research and Development
Petro-Canada
Calgary

E.H. Dudgeon
Director
Division of Mechanical Engineering
National Research Council
Ottawa

François Dugal
Directeur
Secteur des matériaux
CRIQ
Ste-Foy

Harry M. Ellis
Director, Research and Development
B.C. Hydro and Power Authority
Surrey

Emergy Fanjoy
Secretary
Council of Maritime Premiers
Halifax

F.A.A. Fergusson
Chief
Atlantic Defence Research Establishment
Dartmouth

Roger Foxall
Director
Atlantic Research Laboratory
National Research Council
Halifax

R. Gauvin
Chef de groupe, Polymères
Institut de génie des matériaux
CNR
Boucherville

Laurie Gauvin
Conseiller Cadre
Ministère de la Science et de la Technologie
Québec

Thobias Gilsig
Vice-président
Institut de recherche d'Hydro-Québec
Varennes

L.W. Gold
Associate Director
Division of Building Research
National Research Council
Ottawa

George Greenland
Director, Technical Services
Department of Development
Government of Newfoundland and Labrador
St. John's

S.S. Grimley
General Manager
Industrial Programs
National Research Council
Ottawa

Camil Guy
Directeur
Direction sciences de la société, de l'emploi et de la culture scientifique
Québec

Alex Guy
Deputy Minister
Department of Science and Technology
Government of Saskatchewan
Regina

Roger Higgin
Executive Coordinator, Alternate and Renewable Energy Group
Ministry of Energy
Government of Ontario
Toronto

John R. Holinsky
Director, Program Branch
Science and Professional Services Directorate
Supply and Services Canada
Hull

T. Howard
Executive Director
British Columbia Research
Vancouver

W.A. Hyles
Director, Energy Supply Branch
National Energy Board
Ottawa

Julian Inglis
Chief
Environmental Assessment Division
Northern Environmental Protection Directorate
Indian and Northern Affairs Canada
Ottawa

Treval Jubb
Deputy Director-General
CANMET
Energy, Mines and Resources Canada
Ottawa

Claude Lajeunesse
Director of Targeted Research Programs
Natural Sciences and Engineering Research Council
Ottawa

Jean-Marc Lalancette
Vice-président à la recherche
Société nationale de l'amiante
Sherbrooke

Eugene LeBlanc
Director
Policy Analysis and Research Branch
Ministry of Health
Government of Ontario
Toronto

E.J. LeRoux
Assistant Deputy Minister
Research Branch
Agriculture Canada
Ottawa

R.T. Lewis
Chief, R&D Planning
Transport Canada
Ottawa

G.M. Lindberg
Director
National Aeronautical Establishment
National Research Council
Ottawa

R. Mamen
Director
David Florida Laboratory
Communications Research Centre
Department of Communications
Ottawa

I.B. McDiarmid
Director
Canada Centre for Space Science
National Research Council
Ottawa

Douglas R. McDonald
Executive Director
Science and Engineering Services
Alberta Energy and Natural Resources
Edmonton

I.J. McGilveray
Head, Biopharmaceutics Section
Health and Welfare Canada
Ottawa

William McMillan
Manager, Geoscience Projects
Energy, Mines and Petroleum Resources
Government of British Columbia
Victoria

Tom Nickerson
Nova Scotia Research Foundation
Halifax

A.E. Pitts
Secretary
Cabinet Committee on Research
and Development
Government of Ontario
Toronto

P.A. Redhead
Director
Division of Physics
National Research Council
Ottawa

J. Clare Rennie
Assistant Deputy Minister
Technology and Food Services
Ministry of Agriculture and Food
Government of Ontario
Toronto

Edward Robertson
Deputy Minister
Industy, Trade and Technology
Government of Manitoba
Winnipeg

E. Rudback
Executive Director
Transportation Development Centre
Transport Canada
Montreal

M. Sahasrabudhe
Acting Director
Food Research Institute
Agriculture Canada
Ottawa

Jack Scrimgeour
Senior Advisor
CAD/CAM Robotics and Industrial
Automation
National Research Council
Ottawa

Douglas Smith
Manager, Adult and Continuing Education
Department of Industry
Government of Prince Edward Island
Charlottetown

Graeme Stathdee
Director, Research and Development
Potash Corporation of Saskatchewan
Saskatoon

Y. Teklemariam
Director of Research
Department of Agriculture
Government of Alberta
Edmonton

Gordon Trick
Executive Director
Manitoba Research Council
Winnipeg

J.G. Turcotte
President
Ottawa-Carleton Research Institute
Ottawa

Gérard Turp
Directeur de production
CRIQ
Ste-Foy

Peter VanVliet
Vice-President, Planning and Development
Saskatchewan Telecommunication
Saskatoon

Alan Vanterpool
Director
Office of Science and Technology
Alberta Research Council
Calgary

Martin F. Walmsley
Science Advisor and Energy Coordinator
Ministry of Natural Resources
Government of Ontario
Toronto

Michael E. Weekes
Assistant Director, Research and Development
Saskatchewan Power Corporation
Saskatoon

Ernest J. Wiggins
Member
Alberta Oil Sands Technology and Research Inc.
Edmonton

David M. Wiles
Director
Division of Chemistry
National Research Council
Ottawa

C.H. Winget
Director General
Research and Technical Services
Canadian Forestry Services
Environment Canada
Ottawa

K. Witham
Assistant Deputy Minister
Research and Technology Sector
Energy, Mines and Resources Canada
Ottawa

Universities/Hospitals/Research Foundations

R.L. Armstrong
Department of Earth Sciences
University of British Columbia
Vancouver

Robin Armstrong
Dean, Faculty of Arts and Science
University of Toronto
Toronto

J.G. Arthur
Department of Mathematics
University of Toronto
Toronto

M.T. Aye
Ottawa General Hospital
Ottawa

David W. Bacon
Dean, Faculty of Applied Sciences
Queen's University
Toronto

B. Banaschewski
Department of Mathematics
McMaster University
Hamilton

G.L. Baskerville
Dean, Faculty of Forestry
University of New Brunswick
Fredericton

Aurèle Beaulnes
Directeur
Institut Armand Frappier
Laval-des-Rapides

Pierre Bélanger
Dean, Faculty of Engineering
McGill University
Montreal

Roger Blais
Département d'ingénierie industrielle
École Polytechnique de Montréal
Montréal

Maier Blostein
Directeur, Centre de recherches
Télécommunications
INRS
Île-des-Soeurs

A.S. Bregman
Department of Psychology
McGill University
Montreal

Robert Church
Department of Biochemistry
University of Calgary
Calgary

F.H. Clarke
Centre de recherche, Mathématiques appliquées
Université de Montréal
Montréal

B. Collier
Department of Pharmacology
McGill University
Montreal

Michael Collins
Department of Civil Engineering
University of Toronto
Toronto

Wm. Costerton
Department of Biology
University of Calgary
Calgary

J. Courville
Centre de recherches en sciences neurologiques
Université de Montréal
Montréal

Kenneth Davey
Department of Biology
York University
Toronto

C. Dawes
Department of Oral Biology
Faculty of Dentistry
University of Manitoba
Winnipeg

Jacques Desnoyers
Directeur scientifique
INRS
Québec

J-P. Dodelet
Énergie
INRS
Varennes

Robert Drouin
Vice-doyen à la recherche
Faculté de science et génie
Université Laval
Québec

S. Federoff
Department of Anatomy
College of Medicine
University of Saskatchewan
Saskatoon

J.A. Fortin
Département de foresterie
Université Laval
Québec

J.D. Friesen
Department of Medical Genetics
University of Toronto
Toronto

William Fyfe
Department of Geology
University of Western Ontario
London

Marcel Gagnon
Institut Armand Frappier
Université du Québec à Montréal
Montréal

A.I. Gotlieb
Vascular Research Lab
University of Toronto
Toronto

Steve Hanessian
Département de chimie
Université de Montréal
Montréal

G.B. Hill
Department of Epidemiology
Alberta Cancer Board
Edmonton

P.C. Holland
Scientific Officer
Montreal Neurological Institute
Montreal

M.D. Hollenberg
Department of Pharmacology and Therapeutics
Health Science Centre
University of Calgary
Calgary

K. Kasher
Department of Biology
University of Guelph
Guelph

J. Kutney
Department of Chemistry
University of British Columbia
Vancouver

W.S. Lapp
Faculty of Medical Sciences
McGill University
Montreal

Peter Larkin
Associate Vice-President, Research
Institute for Animal Resource Ecology
University of British Columbia
Vancouver

Roger Leblanc
Département de biologie
Université du Québec à Trois-Rivières
Trois-Rivières

Ted Litherland
Department of Physics
University of Toronto
Toronto

Gordon MacLachlan
Dean, Department of Biology
McGill University
Montreal

A.W. MacLean
Department of Psychology
Queen's University
Kingston

G.W. Mainwood
Department of Physiology
University of Ottawa
Ottawa

M. Malcolm
Department of Computer Science
University of Waterloo
Waterloo

R.C. Miller
Department of Microbiology
University of British Columbia
Vancouver

Murray Moo-Young
Department of Chemical Engineering
University of Waterloo
Waterloo

A.B. Morrison
Chairman
Department of Food Sciences
Ontario Agricultural College
University of Guelph
Guelph

Ralph Nicholls
Director, Centre for Research in Experimental Space Science
York University
Toronto

K.F. O'Driscoll
Department of Chemical Engineering
University of Waterloo
Waterloo

R. Quigley
Department of Civil Engineering
University of Western Ontario
London

E. Rasio
Unité Métabolique
Hôpital Notre-Dame
Montréal

K.D. Roberts
Laboratoire d'endocrinologie
Hôpital Maisonneuve-Rosemont
Montréal

Janet Rossant
Department of Biology
Brock University
St. Catharines

Henry P. Schreiber
Département de chimie
École Polytechnique
Montréal

Herb Séguin
Department of Electrical Engineering
University of Alberta
Edmonton

L. Simovitch
Department of Biology
University of Toronto
Toronto

Barry Smith
Joint Program in Neonatology
Brigham and Women's Hospital
Boston, Mass.

A. Sniderman
Cardiovascular Research Unit
Royal Victoria Hospital
Montréal

Boris Stoicheff
Department of Physics
University of Toronto
Toronto

G.D. Sweeney
Faculty of Medicine
McMaster University
Hamilton

J.C. Szerb
Department of Physiology and Biophysics
Dalhousie University
Halifax

W. Tennyson
Department of Mechanical Engineering
University of Toronto
Toronto

Jean-Claude Thibodeau
Urbanisation
INRS
Montreal

T. Vilis
Department of Opthamology
University of Western Ontario
London

D.A. Winter
Department of Kinesiology
University of Waterloo
Waterloo

Walter Zing
Department of Biomedical Engineering
University of Toronto
Toronto

APPENDIX C: LIST OF INTERVIEWEES IN SMALL INFORMATION TECHNOLOGY ENTERPRISES

K. Adamsomer
President
Advanced Electronic Systems
Brampton, Ontario

Paul Bassett
Vice-President, Research
Netron Inc.
Downsview, Ontario

Glen Bell
Electronic Craftsmen Ltd.
Waterloo, Ontario

Carter Berezay
Sota Electronics Corporation
Winnipeg, Manitoba

A.D. Booth
President
Autonetics Research Associates
Sooke, British Columbia

W.S. Boyle
Atlantic Research Associates
Wallace, Nova Scotia

Richard Brancker
Richard Brancker Associates
Ottawa, Ontario

R.A. Crane
President
Ultra Lasertech Inc.
Mississauga, Ontario

Lee Danish
Process Technology Ltd.
Oromocto, New Brunswick

E.O.G. Davies
President
Compris Ltd.
Ottawa, Ontario

Nick Dawes
Vice-President, Technology
Ashdune Software
Nepean, Ontario

Gordon English
President
Westronic Systems Ltd.
Vancouver, British Columbia

Jean Gaudreau
Équipement de télévision électroline
St. Michel, Québec

B.M. Grace
Cognos Incorporated
Ottawa, Ontario

G. Guild
Computrol Systems Ltd.
Vancouver, British Columbia

R. Gurevich
Pulse Engineering Ltd.
Winnipeg, Manitoba

R. Hamre
Valera Electronics
Ottawa, Ontario

J. Hewer
Inrel Communications
Ottawa, Ontario

Stephen Hill and
John Matherin
Epitek Electronics
Kanata, Ontario

A. Jarvis
CAD/CAM Graphics
Ottawa, Ontario

James Kestnes
Chief Scientist
Hitech Canada
Ottawa, Ontario

L. Klassen
Imata Systems
Ottawa, Ontario

Randall Leavitt
Prior Data Services
Nepean, Ontario

H. MacPherson
President
Seimac Ltd.
Bedford, Nova Scotia

Michael Mallory
President
Datamaster Corporation
Fredericton, New Brunswick

K.L. Mayer
Vice-President, Technology
Ontario Centre for Microelectronics
Ottawa, Ontario

G. McLintock
Targa Electronics Systems
Ottawa, Ontario

Pierre Ménard
Interactive Systems and Circuits Ltd.
Ottawa, Ontario

A.D. Miller
President
Miller Communication Systems
Kanata, Ontario

P. Mouroulis
Canadian Instrumentation and
Research Ltd.
Mississauga, Ontario

W.D. Mustard
Vice-President
Network Data Systems
Markham, Ontario

John Nassr
President
ICAM Technologie
Pointe Claire, Québec

David Ray
Holman Electronic Controls
Fredericton, New Brunswick

Hugh Roddis
President
Orion Electronics Ltd.
Saulnierville, Nova Scotia

Lanny Rosicky
Vice-President, Technical Services
Dataline Inc.
Toronto, Ontario

Denise Simard
Entreprise d'électronique
Ville d'Anjou, Québec

D. Simpkins
President
Dees Communications
Delta, British Columbia

Charles Sooley
President
Digital Computers
Kitchener, Ontario

A. Tolloczko
Home Technics Ltd.
Peterborough, Ontario

M.M. Vassiliadis
Vice-President, Marketing
Optikon Corporation Ltd.
Waterloo, Ontario

K. Yates
President
AEI Telecommunications
Winnipeg, Manitoba

APPENDIX D: LIST OF ABBREVIATIONS FOR TABLE 10

AECL	Atomic Energy of Canada Limited
ALCAN	Aluminum Company of Canada
AOSTRA	Alberta Oilsands Technology and Research Authority
ARC	Alberta Research Council
ATI	Alberta Telephone International
BCRC	British Columbia Research Council
CAE	Canadian Aviation Electronics
CANMET	Canada Centre for Mineral and Energy Technology
C-CORE	Centre for Cold Ocean Resources Engineering
CCRS	Canada Centre for Remote Sensing
CRIQ	Centre de recherche industrielle du Québec
DCIEM	Defence and Civil Institute of Environmental Medicine
DND	Department of National Defence
DOC	Department of Communications
DREA	Defence Research Establishment Atlantic
DREO	Defence Research Establishment Ottawa
DREV	Defence Research Establishment Val Cartier
EMR	Department of Energy, Mines and Resources
ERL	Eldorado Resources Limited
IMRI	Industrial Materials Research Institute
IREQ	Institut de recherche d'électricité au Québec
MDA	MacDonald, Dettwiler and Associates
NAE	National Aeronautical Establishment
NRC	National Research Council
NSRFC	Nova Scotia Research Foundation Council
OCRS	Ontario Centre for Remote Sensing
ORF	Ontario Research Foundation
PAPRICAN	Pulp and Paper Research Institute of Canada
PRI	Petroleum Recovery Institute
SACDA	Systems Analysis Control and Design Activity Faculty of Engineering Science, University of Western Ontario
SRC	Saskatchewan Research Council

Conseil des sciences du Canada
Science Council of Canada

Document d'étude

Une consultation nationale sur les technologies émergentes

Guy Steed
Scott Tiffin

UNE CONSULTATION NATIONALE SUR LES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

Guy Steed et Scott Tiffin
avec l'aide de
Mary Wallis
et
Frances Anderson

PROGRAMME DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉMERGENTES
CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA

mai 1986

Les documents d'étude sont des documents de travail que le Conseil des sciences du Canada met à la disposition des personnes ou groupes intéressés, en quantité limitée, pour connaître leurs réactions.

Les vues exprimées dans le présent document sont celles des auteurs; elles ne reflètent pas nécessairement l'opinion du Conseil des sciences du Canada.

Vous pouvez vous procurer gratuitement des exemplaires de :

UNE CONSULTATION NATIONALE SUR LES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

auprès du :

Service des publications
Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa (Ontario) K1P 5M1

The English version of this publication is also available at the above address.

©Ministère des Approvisionnements et Services, 1986

N° de catalogue SS21-5/1986-2F
ISBN 0-662-93735-X

TABLES DES MATIÈRES

Remerciements	5
Résumé	7
Introduction : Les prévisions	11
Contexte	12
Méthodes et expériences de prévisions	12
Mandat du Programme des sciences et technologies émergentes (STE) du Conseil des sciences	13
Stratégie de consultation	13
PARTIE A : LA PREMIÈRE CONSULTATION	
Les répondants	17
Profil des répondants	17
Concepts et méthode	17
Limites de la méthode	20
Les résultats	21
Impressions générales	21
Les technologies particulières et leurs secteurs d'incidence	21
Les inquiétudes	26
Les cadres industriels	26
Les fonctionnaires de l'État	26
Les chercheurs universitaires	27
Les technologies de l'information	29
Profil des répondants	29
Les technologies de l'information émergentes et leur échéancier	29
Les inquiétudes des petites entreprises	29
Le bilan	33
Stratégie technologique	33
Les points forts du Canada	33
Domaines exigeant en priorité une action catalytique	34
PARTIE B : LA SECONDE CONSULTATION	
Les répondants	45
Méthode	45
Réponses et système d'extraction	46
Aperçu des réponses	46
Les technologies pivots	48
Micro-électronique	48
Biotechnologie	48
Matériaux industriels de pointe	49

Les groupes sectoriels 50
Instruments 50
Les sciences et l'environnement 50
Fabrication et transports 51
Ressources 51
Médecine 53

La rentabilisation de ce potentiel 54
Une réponse trop lente 54
Un financement insuffisant et un manque d'engagement 54
Les obstacles à la commercialisation 54
Des brevets et des règlements peu appropriés 54
Le manque de main-d'oeuvre qualifiée 55
Les incidences adverses sur la société et l'environnement 55
L'échec face aux possibilités technologiques et commerciales 55
Le manque de coordination entre les secteurs et la mise au point de stratégies nationales 55
Les principales inquiétudes 56

Les grandes conclusions 62
Principales questions de politique 62

Annexe A : Membres du Comité consultatif 64
Annexe B : Répondants au sondage téléphonique 66
Annexe C : Répondants de petites entreprises de technologie de l'information 78
Annexe D : Abréviations 80

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie de l'aide financière qu'il a accordée au Conseil des sciences pour lui permettre d'entreprendre un processus de consultation dans le cadre de son Programme des sciences et technologies émergentes. Ils désirent également remercier de leur collaboration les ministres provinciaux chargés des sciences et de la technologie de même que leurs hauts fonctionnaires. Le temps consacré et l'intérêt manifesté par les principaux scientifiques et ingénieurs qui ont participé aux entrevues et à l'enquête, de même que les conseils fournis par les membres du comité consultatif, leur ont été précieux. M. Steed, directeur adjoint de la recherche et directeur intérimaire du Programme des sciences et technologies émergentes du Conseil des sciences, a rédigé les sept premières sections du rapport. M. Tiffin, conseiller scientifique, est le principal auteur de la partie B; il a bénéficié de la collaboration de Mary Wallis et de Frances Anderson. Les auteurs sont redevables aussi au Kanata Consulting Group, à Stargate Consultants Limited, à Gordon Gow and Associates et à Jean-Marc Gagnon et associés pour l'aide fournie dans la préparation de ce rapport, et ils tiennent à souligner le soutien du personnel du Conseil, notamment de Mmes Cristina Pleszczynska, Susan Mills, Jessie Weldon, Susan Winch et de MM. Peter Lok et Herman Yeh.

RÉSUMÉ

Le renouveau économique, qui occupe l'avant-scène de la politique canadienne, doit passer par la voie des technologies émergentes : l'innovation technologique n'est pas une option mais un impératif. Dans la nouvelle conjoncture internationale, les chefs d'entreprises et d'État considèrent maintenant l'identification précoce des risques et des possibilités que présentent les technologies émergentes comme étant cruciale à la formulation et à la mise en oeuvre de stratégies dynamiques. Ce sont en effet ceux qui seront les mieux aptes à élaborer, adapter et adopter les nouvelles technologies qui, de plus en plus, jouiront de hauts niveaux de vie.

Prévoir ce qui risque de se produire est souvent le résultat de jugements fondés sur de faibles signaux. Le cas du Japon nous enseigne qu'il y a de gros avantages à adopter l'approche "du bas vers le haut", consistant à solliciter l'opinion des scientifiques et ingénieurs au travail. Malgré les différentes approches employées par les pays, les analystes ont tendance à s'intéresser à un petit nombre de grands secteurs technologiques. Il s'agirait pour les pays d'arriver à dépasser ces vastes secteurs pour définir avec précision les possibilités qui correspondent à leurs besoins, leurs atouts et leurs intérêts propres. Et, ce qui est encore plus important, il leur faudrait prendre les moyens pour obtenir l'avis d'experts, stimuler l'intérêt et inciter à l'action. C'est justement dans cette optique que le Conseil des sciences du Canada a conçu son Programme des sciences et technologies émergentes.

Selon les scientifiques et ingénieurs canadiens, quelles technologies émergentes revêteront une importance stratégique pour le pays dans les années à venir? Quels sont les points forts du Canada? Devant les technologies émergentes, le Canada est-il fort et confiant?

Les scientifiques et ingénieurs canadiens prévoient que, parmi les technologies qui émergeront au cours de la prochaine décennie, trois technologies de base domineront : les technologies de l'information reposant sur la micro-électronique, la biotechnologie et les matériaux industriels de pointe.

Ils croient ainsi que des progrès, qui déferleront sur l'ensemble de la société, sont imminents dans le domaine des technologies de l'information. À leur avis, le Canada s'est taillé une place forte dans certains créneaux de la recherche en micro-électronique, et il possède un potentiel dans le secteur des communications au niveau des technologies des ondes porteuses et de transmission.

Ils prédisent une deuxième vague technologique issue de la biotechnologie dont les effets seront moins nettement identifiables, mais qui touchera d'abord l'agriculture, la foresterie, les mines et les services de santé. Les biotechnologies seraient axées, selon eux, sur l'application et l'adaptation des progrès réalisés dans la recombinaison de l'ADN, les membranes, le clonage, la culture cellulaire et la culture de tissus, et les instruments. Beaucoup ont bien peur que le Canada n'accuse un retard de cinq à dix ans par rapport aux autres pays dans le domaine de la recherche en biotechnologies.

Sur le plan des matériaux industriels de pointe, le Canada suit d'encore plus loin les progrès internationaux. On peut donc s'interroger davantage sur la menace que représentent les matériaux de pointe pour l'économie canadienne, qui est basée sur les matières premières. Grâce aux technologies mises au point dans ce domaine, des

matériaux nouveaux viendront remplacer les matériaux traditionnels, sur lesquels l'économie canadienne repose en grande partie.

Les scientifiques et les ingénieurs reconnaissent aussi les nouveaux instruments comme autre groupe important des technologies émergentes. Malgré les capacités énormes dont jouissent ses universités et ses établissements de recherche publique dans ce secteur, le Canada a du mal à transférer la technologie au marché. Il possède aussi des noyaux d'expertise dans d'autres secteurs de technologies émergentes, principalement dans les domaines de l'énergie et de la médecine.

Voilà certains des grands points qui sont ressortis des deux consultations nationales qu'a tenues le Conseil des sciences du Canada, la première consistant en des entrevues téléphoniques avec plus de 250 scientifiques et ingénieurs canadiens renommés -- directeurs de recherche industrielle, chefs de laboratoires gouvernementaux et chercheurs universitaires -- et la deuxième, en un questionnaire envoyé à plus de 3 500 scientifiques et ingénieurs canadiens. Les répondants au questionnaire étaient rattachés à des universités, des hôpitaux ou de petites ou moyennes entreprises.

Les grands scientifiques et ingénieurs canadiens prévoient qu'au cours de la prochaine décennie, plus de 50 technologies émergentes revêteront une importance stratégique pour le bien-être socio-économique du Canada. Le Canada occupe une bonne place dans plusieurs de ces grandes technologies. En fait, selon une autre enquête réalisée par le Conseil et visant l'Association canadienne de la gestion de recherches, le Canada se range parmi les chefs de file mondiaux dans au moins six de ces technologies émergentes : télécommunications, techniques de la récupération assistée du pétrole, fuels synthétiques, télédétection, logiciel informatique et technologies de l'hydrogène. Il a fait également des percées significatives dans plusieurs autres domaines, notamment les alliages de pointe, les matériaux composites, les matériaux conducteurs, les technologies de la biomasse, la lixiviation des minéraux, les technologies du charbon, le génie des glaces et les techniques de la construction.

Les directeurs de recherche canadiens ont recommandé au Conseil des sciences de réunir en colloque les principaux intéressés du monde des affaires, des universités et des gouvernements afin de stimuler le dynamisme et de découvrir les possibilités ou les risques que présentent plusieurs technologies émergentes. Au cours de ces colloques, ils souhaitaient étudier en priorité les technologies des méthodes de séparation et des membranes, les techniques des procédés catalytiques, les fuels synthétiques, l'aquiculture, les polymères de pointe, les matériaux composites, la céramique de construction, la chimie des surfaces et la technologie des plasmas, les techniques de la biomasse et les techniques liées à la transformation de la cellulose.

Ainsi, les imminents scientifiques et ingénieurs canadiens entrevoient nettement un certain nombre de possibilités pour le pays et reconnaissent le potentiel dont celui-ci bénéficie dans certains domaines; beaucoup d'entre eux ne se montrent cependant pas optimistes face aux contraintes qui risquent de se présenter.

Les consultations du Conseil ont également révélé certaines inquiétudes quant à la réponse probable du Canada face aux défis posés par les technologies émergentes. En premier lieu, on remarque le peu de travaux de développement effectués au Canada; l'incidence adverse de certaines technologies de l'information sur les emplois; la

fragmentation de l'effort canadien; le peu d'esprit d'entreprise et l'absence de récompense pour ceux qui prennent des risques; le besoin de plans de recyclage plus poussés; la pénurie de main-d'oeuvre qualifiée et le besoin de liens plus étroits entre les universités et l'industrie.

Le questionnaire adressée à plus de 3 500 scientifiques et ingénieurs révèle aussi des craintes quant à la façon dont le Canada réagit aux technologies émergentes. L'ampleur des problèmes soulevés dans les réponses et les perspectives abondamment négatives qui en ressortent nous forcent à nous demander si vraiment le Canada saura réaliser son potentiel et tirer parti des technologies émergentes. L'image que les scientifiques et ingénieurs projettent du Canada est marquée par la timidité, la passivité et la dépendance, et, de toute évidence, ils ne se sentent pas forts et confiants devant les technologies émergentes. Neuf grandes questions découlent des préoccupations exprimées :

1. comment arriver à faire saisir plus rapidement les occasions qu'offre une technologie dès qu'elle voit le jour;
2. comment contrer les effets négatifs des technologies émergentes;
3. comment susciter l'engagement suffisant de fonds à la recherche;
4. comment accroître l'esprit d'entreprise des Canadiens et faire en sorte que ceux-ci croient davantage en leur capacité;
5. comment surmonter les obstacles à la commercialisation et améliorer le transfert de la technologie des universités et administrations gouvernementales au marché;
6. comment vaincre les pénuries de main-d'oeuvre hautement qualifiée;
7. comment se tailler des créneaux technologiques et commerciaux;
8. comment améliorer la coordination entre les principaux intervenants et élaborer de nouvelles stratégies;
9. comment utiliser les nouvelles technologies pour moderniser les industries du secteur primaire.

INTRODUCTION : LES PRÉVISIONS

Au printemps de 1984, le Conseil des sciences du Canada mettait sur pied un programme en vue de recenser les sciences et technologies émergentes (STE) de première importance pour le bien-être socio-économique du Canada. Pour guider ce programme, il créait alors un comité consultatif regroupant des cadres du monde des affaires ainsi que des représentants du gouvernement, du milieu scientifique et du monde du travail (annexe A). Le programme avait pour but global d'aider le Canada à accroître sa compétitivité internationale et à s'adapter à l'apparition des nouvelles technologies et à l'évolution de la conjoncture internationale.

Ce programme traduisait au fond le besoin de revitaliser l'économie canadienne chancelante, de moderniser les industries primaires et de restructurer l'économie face à l'évolution rapide de l'ordre international. Le Canada doit en effet se mesurer au Japon et à de nouveaux pays industrialisés, de même qu'à ses concurrents de toujours, les pays industriels comme les États-Unis et l'Europe de l'Ouest. Face à la concurrence du Tiers-Monde, à l'émergence de produits de substitution et à une demande chancelante, ses principales industries d'exportation du secteur primaire font face à de sérieuses difficultés.

Ce rapport présente donc les deux parties de ce programme expérimental. La partie A définit les modalités et les résultats des entrevues téléphoniques avec des scientifiques et ingénieurs renommés et de l'enquête réalisée auprès de directeurs de recherche canadiens. Elle indique les principaux scientifiques et ingénieurs consultés et fait connaître leurs impressions au sujet des technologies émergentes, en donnant un aperçu de l'éventail et de la portée de leurs inquiétudes concernant les technologies émergentes. Dans l'ensemble, le rapport établit une matrice des technologies émergentes et des secteurs dans lesquels ces dernières auront une incidence directe. Il fournit une évaluation de certains spécialistes de petites entreprises concernant les nouvelles technologies d'information. Les directeurs de recherche canadiens évaluent également la place du Canada dans ces technologies émergentes et en désignent les chefs de file, et indiquent celles que le Conseil des sciences devrait encourager en organisant des ateliers réunissant les acteurs clés de l'industrie, du gouvernement et des universités.

La partie B présente les résultats généraux d'un vaste sondage postal réalisé auprès de scientifiques et ingénieurs canadiens. Elle fait état des groupes de technologie reconnus par les répondants, des domaines où le Canada bénéficie d'un bon potentiel, ainsi que des nombreuses préoccupations et des perspectives pessimistes que présentent un grand nombre d'entre eux. D'après les résultats de ce sondage, le Canada ferait face à de graves problèmes, des problèmes qui seraient profondément enracinés en lui, car il ne sait pas répondre aux défis que présentent les technologies émergentes dans une économie de concurrence internationale.

Le rapport a pour but d'informer les ministres, les hauts fonctionnaires et les représentants du milieu des affaires des prévisions des principaux spécialistes canadiens et de leurs inquiétudes au sujet des technologies émergentes; d'éveiller l'intérêt et la conscience du public; et d'aider le Conseil des sciences à choisir des sujets pouvant faire l'objet de futurs ateliers de travail, tables rondes ou conférences.

Contexte

Toute étape du développement économique d'un pays semble tributaire d'un petit nombre de technologies, dont la maîtrise est essentielle à la croissance, à la compétitivité et à l'indépendance stratégique de celui-ci. De plus en plus, l'innovation technologique est le facteur concurrentiel dominant de nombreux secteurs clés. Des possibilités commerciales s'ouvrent constamment grâce à l'émergence et à la diffusion d'une nouvelle technologie, et les structures commerciales et les niveaux de revenu reposent sur l'exploitation temporaire des droits monopolistiques des nouvelles technologies.

Ces technologies sont fréquemment le produit de découvertes scientifiques, même si les chercheurs ne prévoient pas nécessairement les applications commerciales de leurs travaux. Les progrès des sciences fondamentales sont aussi liés de plus en plus aux grandes percées technologiques. De nombreux domaines prometteurs s'ouvrent grâce à ce mariage des sciences et de la technologie.

Pour nombre de dirigeants gouvernementaux et du monde des affaires, le repérage précoce des dangers et des débouchés possibles que présentent les technologies constitue un facteur crucial de la formulation et de la mise en application de stratégies industrielles et économiques efficaces. Bien des pays industrialisés avancés empruntent maintenant une démarche systématique pour déterminer l'importance stratégique possible des STE.

Les restrictions financières, la remise en question des sciences et le rythme toujours plus rapide des changements technologiques encouragent aussi l'établissement de mécanismes en vue d'en arriver à un consensus, dans la mesure du possible, quant aux priorités du développement scientifique et technologique.

Si les pays industrialisés avancés sont présentement à la croisée des chemins d'une période cyclique, placée sous le signe d'innovations progressives rapides, quelles doivent être les technologies sur lesquelles s'appuieront nombre de ces innovations? Dans quelle mesure les Canadiens sont-ils prêts à mettre au point, adapter et adopter ces technologies émergentes?

Méthodes et expériences de prévisions

La compilation des prévisions des spécialistes est importante car elle permet de répertorier les possibilités, de connaître les dangers possibles et de répartir les maigres ressources. Récemment, plusieurs pays ont exploré le domaine de l'activité prévisionnelle.

En France et au Japon, des initiatives récentes ont enseigné à ces deux pays que l'activité prévisionnelle doit non seulement permettre de déterminer les nouveaux domaines de recherche qui présenteront une importance à long terme, mais qu'elle doit aussi faire en sorte que les chercheurs et les décideurs se servent de ses résultats. La meilleure façon d'y arriver est de faire participer le plus possible de chercheurs et d'élaborateurs de politique au processus de prévision afin de les sensibiliser et de susciter leur engagement.

Le Japon, en particulier, utilise une méthode ascendante en matière de prévisions et sollicite le point de vue des scientifiques et des ingénieurs en poste plutôt que l'approche centralisée "du haut vers le bas" souvent préférée par les gouvernements.

Nous pouvons déduire aussi, de l'expérience de ce pays, qu'il est plus facile de préciser les domaines émergents de recherche stratégique en utilisant une approche intégrant pleinement les perspectives des forces d'attraction entre les sciences et la demande -- un travail de synthèse qui réussit mieux lorsqu'il englobe dans son processus de prévision un nombre important de chercheurs issus des universités, des laboratoires gouvernementaux et de l'industrie. Quant au rôle des ministères et organismes gouvernementaux, il consiste simplement à constater les principales tendances, à condition que l'éventail des activités étudiées soit assez large pour donner un aperçu global.

Le Japon n'est qu'un exemple du genre d'activités de prévision poursuivies actuellement. Toutefois, malgré la diversité des méthodes et techniques de prévision utilisées par les pays, les analystes mondiaux ont recensé un petit nombre de grands domaines technologiques présentant une grande importance économique. Selon la National Academy of Engineering des États-Unis, une liste des principales technologies, dressée en 1983, comprend la micro-électronique, l'informatique, les nouveaux matériaux, la robotique, les télécommunications, les technologies aérospatiales et la biotechnologie. La difficulté consiste à dépasser ces grands domaines pour préciser les spécialités liées aux besoins, aux possibilités et aux intérêts nationaux. Il faut s'engager dans un processus permettant d'obtenir l'opinion des spécialistes, de susciter l'intérêt, de s'assurer d'un engagement dynamique et d'en arriver à un consensus quant aux perspectives d'avenir. Cette démarche englobe beaucoup plus qu'une simple prévision. L'établissement d'un éventail de progrès possibles peut aider à stimuler le débat public quant aux débouchés futurs souhaitables et au rôle du gouvernement à cet égard.

Mandat du Programme des sciences et technologies émergentes (STE) du Conseil des sciences

Le programme des STE comporte les objectifs suivants :

- demander aux Canadiens à l'avant-garde de la technologie de désigner les STE qui, à leur avis, sont importantes au développement socio-économique du Canada;
- établir quels secteurs commerciaux et socio-économiques risquent d'être le plus touchés par les STE;
- évaluer les possibilités de commercialisation des STE au cours de la prochaine décennie;
- déterminer l'objet principal des inquiétudes des chefs de file de la technologie concernant la réaction du Canada à l'égard des STE et dans quelle mesure ces inquiétudes demandent une réponse urgente;
- réunir des spécialistes du monde des affaires et de la recherche en vue de préciser les possibilités, les défis, les restrictions et les autres questions connexes, et en discuter pour en arriver à un consensus général quant aux mesures qui s'imposent;
- sensibiliser le public aux STE qui pourraient changer l'avenir de l'évolution socio-économique du Canada.

Stratégie de consultation

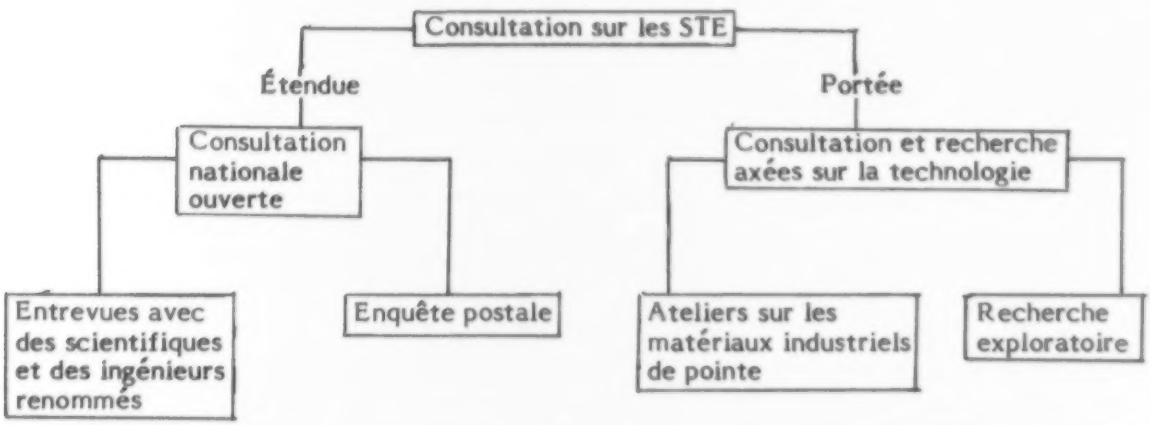
En vue de remplir son mandat, le programme des STE poursuit une stratégie de consultation à quatre volets :

1. Les entrevues téléphoniques auprès des grands scientifiques et ingénieurs canadiens ont fourni un premier aperçu et ont suscité un débat dans des domaines méritant

une attention particulière. Ces entrevues ont été suivies d'une enquête auprès des directeurs de recherche canadiens.

2. Une enquête postale auprès de 3 500 chercheurs, administrateurs de recherche et autres personnes spécialisées en science et en technologie a été menée afin d'obtenir un aperçu plus précis et plus complet.
3. Une série d'ateliers sur des sujets comme les matériaux industriels de pointe ont eu lieu afin d'évaluer la situation canadienne et internationale, de définir les contraintes et les possibilités, et de favoriser un consensus et encourager la prise de mesures.
4. Un programme de recherche exploratoire a été conçu afin d'inventorier les débouchés possibles précisés par les autres méthodes de consultation et de réunir les spécialistes des milieux de la recherche et des affaires en tables rondes et en ateliers.

Figure 1 : Stratégie de consultation



PARTIE A

LA PREMIÈRE CONSULTATION

LES RÉPONDANTS

Profil des répondants

En octobre et novembre 1984, le programme des STE effectuait des entrevues auprès de 215 sommités du monde des sciences et des technologies canadiennes issues de l'industrie, du gouvernement et des universités. La répartition des répondants était à peu près égale entre les trois groupes. Environ un quart des répondants étaient francophones (tableau 1).

Les répondants du secteur de l'entreprise comprenaient presque tous les grands responsables de la R et D industrielle, choisis d'après plusieurs listes de personnes faisant de la R et D, en particulier, d'après des enquêtes effectuées en 1983 et 1984 par le Financial Post. C'étaient en grande partie des directeurs de recherche, des vice-présidents ou des directeurs techniques (voir l'annexe B) provenant d'une variété d'industries des secteurs primaires et de la fabrication, notamment des industries électriques, électroniques et des télécommunications et du secteur de l'énergie, des mines et des métaux (tableau 2).

Les répondants gouvernementaux, pour leur part, provenaient à part égale des niveaux fédéral et provinciaux. Les répondants fédéraux comprenaient les directeurs des divisions de recherche du Conseil national de recherches, des chefs d'autres grands laboratoires fédéraux et des hauts fonctionnaires des ministères ou organismes possédant un mandat en sciences et en technologie. Ceux des provinces comprenaient les responsables des organismes de recherche provinciaux (ORP) ou des ministères des sciences et de la technologie (tableau 3).

Les répondants du milieu universitaire étaient des chercheurs qui avaient reçu des bourses du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie ou du Conseil de recherches médicales. Nombre d'entre eux faisaient partie de comités de ces organismes. Près de la moitié provenaient des sciences médicales ou biologiques (tableau 4).

Concepts et méthode

On a demandé aux répondants de préciser les technologies émergentes qui, à leur avis, représenteraient une importance stratégique pour le Canada au cours de la prochaine décennie. Les technologies émergentes ont été définies comme des technologies qui ne sont pas encore commercialisées, mais qui en sont actuellement au stade du laboratoire ou qui en émergeront au cours des cinq prochaines années. L'adjectif "émergente" a aussi été interprété dans le sens d'une évolution vers des progrès légèrement en avance sur les technologies en place. (Par exemple, on se sert déjà de systèmes-experts pour l'entretien des locomotives Diesel à transmission électrique ou pour l'exploration pétrolière. Même si les applications actuelles sont relativement simples, la recherche offrira d'ici cinq ans d'importants débouchés à ces systèmes-experts.) On a aussi demandé aux répondants de préciser les secteurs de l'économie sur lesquels ces technologies sont le plus susceptibles d'avoir une incidence directe, et de nous faire part de leurs inquiétudes au sujet de ces technologies.

Les répondants nous ont accordé un appui sans réserve. Les entrevues ont duré de 10 à 70 minutes, la moyenne se situant entre 20 et 25 minutes. Dans plusieurs cas, les directeurs de recherche de l'industrie et du gouvernement étaient accompagnés d'autres chercheurs de haut rang et tenaient des téléconférences. Plusieurs avaient demandé l'avis de leurs collègues avant l'entrevue.

Tableau 1 : Enquête téléphonique sur les STE, 1984 : Nombre de répondants

Langue	Industrie	Universités	Gouvernement Fédéral	Gouvernement Provincial	Total
Anglais	50	51	29	26	156
Français	24	20	6	9	59
Total	74	71	35	35	215

Tableau 2 : Enquête téléphonique sur les STE, 1984 : Répondants de l'industrie

Électricité, électronique et télécommunications	27
Énergie, mines et métaux	18
Aliments et boissons	7
Produits chimiques	5
Équipement de transport	5
Instruments	4
Produits forestiers	3
Autres	5
Total	74

Tableau 3 : Enquête téléphonique sur les STE, 1984 : Répondants gouvernementaux	
Ministères et laboratoires fédéraux	15
Sociétés et organismes fédéraux	5
CNRC (chefs de division)	15
Conseillers et ministères provinciaux	21
ORP et sociétés et organismes provinciaux	13
Institut de recherche municipal	1
Total	70

Tableau 4 : Enquête téléphonique sur les STE, 1984 : Répondants universitaires	
Médicine	20
Génie	14
Sciences biologiques	14
Sciences physiques	9
Sciences de la terre	7
Sciences chimiques	7
Total	71

Limites de la méthode

Même si les entrevues étaient considérées comme la meilleure façon d'effectuer ce genre de consultation, elles n'en comportaient pas moins certains inconvénients. Par exemple, les réponses s'appuyaient sur les perceptions subjectives des répondants quant à la situation et à leur interprétation de l'environnement contextuel. Il fallait les accepter pour ce qu'elles étaient. De plus, malgré tous les efforts faits en vue d'établir une distinction nette entre les technologies, un certain chevauchement était inévitable. Certains répondants, par exemple, avaient regroupé plusieurs technologies sous un terme générique, tandis que d'autres avaient combiné la micro-électronique et l'informatique, ou l'informatique et la conception assistée par ordinateur (CAO), ou la robotique et la fabrication assistée par ordinateur (FAO).

Les estimations concernant l'échéancier de commercialisation d'une technologie peuvent aussi ne pas être très exactes. La commercialisation prend souvent beaucoup plus de temps qu'on ne l'avait prévu à l'origine. Des études américaines révèlent que le temps nécessaire pour qu'une idée conçue en laboratoire atteigne le stade de la commercialisation est habituellement de 13 à 18 ans. L'Agence de planification économique du Japon a constaté que le processus prend, en moyenne, 3,5 années (étude faite de 1953 à 1973), à partir du moment où l'on importe la technologie étrangère jusqu'à l'étape de la commercialisation, au Japon, soit deux fois moins de temps qu'en France, aux États-Unis, en Grande-Bretagne ou en Allemagne de l'Ouest.

Finalement, certains répondants ont pu décider de ne pas divulguer l'information concernant une technologie émergente dont ils étaient les propriétaires. Néanmoins, très peu de personnes ont demandé que l'on respecte le caractère confidentiel des renseignements fournis.

LES RÉSULTATS

Impressions générales

À toutes fins pratiques, on peut répartir en cinq groupes les technologies émergentes : les technologies de l'information, les biotechnologies, les matériaux industriels de pointe, les technologies énergétiques et les autres technologies de fabrication et de traitement. Pourtant, même en catégorisant les technologies de cette façon, il ne faut pas oublier les chevauchements et les importantes interactions de synergie entre les technologies.

Les grands domaines technologiques identifiés ressemblent à ceux que révèlent des études prévisionnelles récentes faites dans d'autres pays. Les répondants des gouvernements et de l'industrie ont surtout mis l'accent sur la vigueur constante des technologies de l'information. Pour les répondants, la pléthore des progrès réalisés dans les technologies de l'information représente une importance stratégique pour le Canada. Ils s'attendent à ce que la plupart des progrès soient en bonne voie dès 1990.

Les répondants ont accordé une importance secondaire, mais encore assez grande, aux biotechnologies. Ils ont prédit que ces dernières, mêmes si elles étaient moins imminentes, chevaucheraient tout de même la révolution actuelle des technologies de l'information. Pour quelques répondants, ce seront d'autres groupes de technologies qui revêteront une importance stratégique pour le Canada pendant la prochaine décennie.

Dans quels secteurs ces technologies émergentes auront-elles une incidence directe? La fréquence avec laquelle les répondants ont choisi une technologie relevant d'un secteur particulier ne traduit qu'un certain consensus au sein de ce groupe de spécialistes; il ne faudrait pas l'interpréter comme mesure de l'étendue possible de l'incidence ou de la priorité accordée à une technologie.

En règle générale, la plupart des répondants convenaient que :

- ce seraient les technologies de l'information qui auraient l'incidence sociale la plus étendue au cours de la prochaine décennie;
- les technologies de l'information auraient leur principale incidence dans les secteurs de la fabrication, des services et des communications;
- les biotechnologies auraient leur plus forte incidence en agriculture, mais toucheraient aussi les secteurs de la fabrication, des services (santé), et de la foresterie;
- d'autres technologies émergentes auront une influence sur les industries de la fabrication ou des mines et de l'énergie. (Tableau 5)

Les technologies particulières et leurs secteurs d'incidence

Les répondants ont choisi 30 technologies particulières et les secteurs dans lesquels ces technologies auront une incidence directe. Le tableau 6 en donne une liste, selon l'ordre de fréquence mentionné. Le génie génétique est le domaine qui a reçu le plus d'attention, suivi des puces micro-électroniques enrichies, de l'intelligence artificielle, de la culture de tissus ou culture cellulaire, de la micro-informatique, de la conception/fabrication/programmation/ingénierie assistées par ordinateur (CAO/FAO/PAO/IAO) et de la robotique.

Tableau 5 : Enquête téléphonique sur les STE : Matrice des technologies émergentes et de leurs secteurs d'incidence

Secteur d'incidence	Technologies de l'information	Biotechnologies	Matériaux industriels de pointe	Technologies énergétiques	Autres technologies
Incidence sociale étendue	●	•	•	•	•
Agriculture	•	●	•	•	•
Foresterie	•	•	•	•	•
Pêches	•	•	•	•	•
Mines/énergie	•	•	•	•	•
Fabrication	●	●	●	●	●
Communications	•		•	•	•
Services	●	●	•	•	•
Services publics	•	•	•	•	•
Construction	•	•	•	•	•

Index

Choix du nombre

• 5 ou moins

• 6 - 10

• 11 - 40

• 41 - 70

• 71 - 100

• Plus de 100

D'après une enquête effectuée auprès de 215 répondants

Tableau 6 : Trente technologies émergentes et leurs secteurs d'incidence

Technologie	Secteurs d'incidence
1. Génie génétique	agriculture, fabrication (produits pharmaceutiques), services (santé), foresterie, exploitation minière
2. Puces enrichies/arséniure de gallium	fabrication (équipement électronique et scientifique), communications, défense
3. Intelligence artificielle	services, fabrication
4. Culture de tissus et culture cellulaire	services (santé), fabrication (produits pharmaceutiques, aliments), agriculture, foresterie
5. Micro-informatique	services, fabrication, défense
6. CAO/FAO/PAO/IAO	fabrication, services, communications
7. Robotique	fabrication, exploitation minière
8. Matériaux composites	fabrication (automobile, avion)
9. Télédétection	foresterie, agriculture, exploitation minière, services, défense
10. Formation d'images	fabrication (électronique), services, exploitation minière, communications
11. Fibres optiques	communications, fabrication (électronique)
12. Anticorps monoclonaux	agriculture, fabrication (produits pharmaceutiques), services (santé)
13. Logiciels informatiques	fabrication, services, communications, défense
14. Polymères de pointe	fabrication
15. Lasers	fabrication (électronique, transports, instruments médicaux), services, communications.

Tableau 6 : Trente technologies émergentes et leurs secteurs d'incidence (suite)

Technologie	Secteurs d'incidence
16. Fuels synthétiques	fabrication (raffinage), énergie, services (transports)
17. Technologies du charbon	exploitation minière, fabrication
18. Irradiation des aliments	fabrication (aliments, produits chimiques), agriculture
19. Télécommunications	communications, services, construction
20. Chimie des surfaces/ technologie des plasmas	fabrication, énergie, agriculture, services
21. Biomasse	fabrication (produits chimiques), agriculture, énergie, foresterie
22. Technologies énergétiques de l'hydrogène	fabrication, services publics, énergie
23. Technologies des méthodes de séparation et des membranes	fabrication (aliments, produits chimiques)
24. Fermentation	fabrication (aliments), agriculture
25. Céramique de construction	fabrication (métaux, transports)
26. Optoélectronique/systèmes de stockage de données	communications, fabrication (électronique)
27. Technologies de la construction	Construction, exploitation minière
28. Reconnaissance de la parole	fabrication, services
29. Photovoltaïque	fabrication (électronique), communications
30. Nouveaux alliages	exploitation minière, fabrication (transports)

Deux répondants ou plus ont choisi d'autres technologies, notamment :

31. Technologies des enzymes
32. Technologies de préparation des produits sanguins
33. Récepteurs cellulaires
34. Peptides
35. Lixiviation des minéraux
36. Technologie de la transformation de la cellulose
37. Traduction des langages naturels
38. Capteurs de vision
39. Génie des glaces
40. Aquiculture
41. Technologies de la récupération assistée du pétrole
42. Thermopompes
43. Énergie solaire
44. Matériaux conducteurs
45. Métaux amorphes et vitreux
46. Biomatériaux
47. Matériaux composites de carbone (technologie de pointe)
48. Techniques des procédés catalytiques
49. Technologies de la microgravité
50. Technologies de la supraconductibilité

Les distinctions entre certaines de ces technologies ne sont pas, en pratique, aussi précises. Par exemple, la robotique comprend l'informatique, la formation d'images, l'intelligence artificielle, les logiciels informatiques et la reconnaissance de la parole. Certaines des grandes rubriques regroupent un éventail d'autres technologies.

LES INQUIÉTUDES

Les cadres industriels

Les répondants industriels ont manifesté deux grandes inquiétudes à l'égard des technologies de l'information. Ils ont d'abord déploré le fait que trop peu de travaux de développement soient menés au Canada. La plus grande partie de ces travaux se font aux États-Unis ou au Japon. Le Canada ne conçoit pas, et ne produit pas, assez de technologies émergentes en information pour que cela soit rentable. Deuxièmement, ils ont souligné l'incidence adverse des technologies sur les emplois au Canada, et surtout le fait que les industries canadiennes aient de plus en plus tendance à automatiser leur fonctionnement pour faire obstacle à la concurrence des pays à main-d'oeuvre bon marché. Ils se sont dits particulièrement inquiets de l'incidence de la micro-électronique sur les industries traditionnelles. Les fibres optiques diminueront la demande de cuivre, la CAO/FAO/IAO élimineront, dans la plupart des cas, le besoin de dessinateurs, et les robots prendront la relève de nombreux emplois répétitifs, déplaisants ou dangereux dans le domaine de la fabrication et de l'exploitation minière.

Leurs inquiétudes les plus sérieuses concernant les biotechnologies sont les suivantes : le Canada ne fait pas assez de R et D, la concurrence est trop vive entre les provinces, ce qui mène à une balkanisation des efforts, et il existe trop peu de gens qualifiés dans ce domaine.

Les répondants industriels nous ont fait part d'un éventail d'inquiétudes concernant les technologies émergentes. La plupart de celles-ci étaient très précises, comme le besoin de nouvelles technologies afin de sauver l'industrie de l'acier à la suite d'une demande toujours à la baisse, du remplacement de l'acier par des matériaux de pointe et d'une concurrence étrangère serrée des pays possédant une technologie supérieure. On a également mentionné les déboires qu'a connus le secteur énergétique dans la mise au point de nouvelles technologies énergétiques à la suite des restrictions imposées par les politiques énergétiques nationales, de même que la menace que représentaient pour plusieurs marchés traditionnels de papier canadien les progrès techniques permettant la production de papier à partir de fibres non ligneuses.

D'autres inquiétudes étaient plutôt d'ordre général, et les améliorations suivantes à leur égard étaient souhaitées: besoin accru d'appui gouvernemental et intervention réduite de la part des gouvernements; plus d'entrepreneurs et de meilleures récompenses pour ceux qui prennent des risques; un nombre élargi de plans de recyclage; de meilleures relations entre les universités et l'industrie; et des renseignements plus complets sur ce qui se fait à l'échelle mondiale.

Les fonctionnaires de l'État

Les répondants gouvernementaux ont souligné que les technologies émergentes aideraient les industries de matières premières et certains secteurs manufacturiers du Canada à maintenir leur compétitivité. "Nous devons faire tout en notre pouvoir pour défendre, à l'aide de la technologie, nos industries primaires" : voilà un refrain qui est revenu souvent. De nombreux répondants, surtout les fonctionnaires fédéraux, étaient d'avis que l'industrie n'effectuait pas assez de R et D dans certains domaines. D'autres ont souligné qu'il était plus important de trouver des applications que de faire de la R et D et que l'entreprise privée, plutôt que le gouvernement, devrait prendre les devants. Plusieurs ont dit que certaines industries connaîtraient de graves difficultés si elles ne changeaient pas leur attitude et ne tentaient pas de se mettre au pas des technologies émergentes comme les céramiques et les matériaux composites. Les

répondants ont aussi signalé que les industries de la construction et du secteur primaire semblent mettre du temps à adopter les technologies émergentes.

Une des principales inquiétudes des fonctionnaires provinciaux, inquiétude partagée par de nombreux représentants du milieu des affaires, portait sur le besoin d'un effort national conjugué dans plusieurs domaines technologiques afin d'éviter une répétition inutile de la R et D. Contrairement à nombre de répondants du milieu universitaire, les fonctionnaires provinciaux ne mettaient pas l'accent sur les centres d'excellence. Ils préféraient plutôt améliorer les communications et la mise en place de réseaux dans certains domaines prometteurs, en comptant sur un effort marqué de la part des meilleurs scientifiques et ingénieurs, quel que soit leur lieu de travail. Ceux qui faisaient part de ces inquiétudes mettaient surtout l'accent sur la biotechnologie. Plusieurs fonctionnaires fédéraux ont aussi souligné des besoins du même genre en micro-électronique et en matériaux de pointe. Les fonctionnaires fédéraux s'inquiétaient également du protectionnisme technologique étranger, en particulier de la possibilité de ne pas avoir accès à l'information concernant les progrès réalisés dans les domaines suivants : matériaux de pointe, circuits intégrés à très haute vitesse, télédétection ou biotechnologie.

Les chercheurs universitaires

La majorité des répondants universitaires considéraient leurs recherches comme étant de nature fondamentale et n'étaient pas sûrs de leur potentiel commercial. Cela signifie soit que les chercheurs universitaires ne connaissent pas le marché, soit qu'en fait, la recherche universitaire offre très peu de débouchés commerciaux.

En général, les répondants se partageaient quatre grands domaines d'inquiétudes. Premièrement, ils insistaient sur le besoin de liens entre l'université et l'industrie. Ils se plaignaient du manque de collaboration et de coopération dont, à leur avis, le succès canadien dépendait si l'on voulait tirer parti des progrès technologiques. Plusieurs de ceux qui faisaient des recherches dans des domaines qu'ils jugeaient d'intérêt commercial trouvaient que l'industrie canadienne les avait éconduits, que seules les sociétés étrangères s'intéressaient à leurs services d'experts-conseils, ou que leur brevet avait été acheté par des sociétés étrangères. Selon eux, l'industrie canadienne ne cherche pas vraiment à collaborer avec les chercheurs universitaires, et lorsque ceux-ci possèdent une technologie pouvant faire l'objet d'un brevet, comme dans le cas des technologies du domaine de la santé, les mécanismes de transfert entre les universités et l'industrie n'aboutissent pas à l'établissement d'un brevet et à l'élaboration de produits ou procédés.

Deuxièmement, ils s'inquiètent d'un manque de main-d'oeuvre qualifiée. Tous ont été unanimes pour prédire une grave pénurie de scientifiques et d'ingénieurs diplômés. Ce sont les sociétés et les universités étrangères qui s'accaparent nos bons scientifiques. Les universités canadiennes sont incapables d'attirer ou de garder les diplômés canadiens de talent et doivent se contenter d'une population limitée de chercheurs scientifiques renommés qui avancent en âge et d'un petit nombre de jeunes chercheurs. Cela ne constitue pas une perspective très réjouissante lorsque les pays industrialisés de pointe considèrent de plus en plus leur capital intellectuel comme un facteur clé du niveau de vie et de la concurrence internationale.

Troisièmement, les chercheurs universitaires ont mentionné le financement de la recherche. Leurs inquiétudes variaient quant au niveau, à la répartition et aux mécanismes d'affectation des crédits, mais tous s'entendaient pour maintenir à tout prix les assises actuelles de la recherche fondamentale : cette recherche est la source des progrès de demain et un moyen inestimable pour former les futurs chercheurs scientifiques.

Pour terminer, on a débattu des problèmes de la mentalité et de la culture canadienne. Les répondants ont critiqué, entre autres, la "colonisation" de l'esprit canadien — cette impossibilité de capitaliser sur les progrès de recherche, surtout dans les technologies de la santé, où il y a très peu d'industries canadiennes auxquelles cette technologie peut être transférée. Ils ont aussi déploré le manque d'esprit d'entreprise et de confiance dans les capacités canadiennes, et la tendance qui consiste à attendre que les étrangers viennent légitimer et claironner l'effort de recherche canadien.

LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Étant donné l'importance accordée par les répondants de la principale enquête téléphonique à l'incidence imminente et à la vitalité constante des technologies de l'information, le programme des STE a décidé de donner un suivi à l'enquête. Au cours de ce suivi, on a rejoint des experts de petites et moyennes entreprises canadiennes de technologie de l'information ou de centres spécialisés dans ce domaine, car on supposait que le gros de l'innovation de ces technologies provenait des petites entreprises. On a interviewé 41 chercheurs ou spécialistes connus du domaine. Ces spécialistes avaient sans doute fait beaucoup plus de recherches axées sur le marché que certains des spécialistes interviewés dans le cadre de la principale enquête téléphonique du programme des STE.

Profil des répondants

La plupart des spécialistes interviewés provenaient d'entreprises de 30 à 150 employés. La répartition des entreprises était la suivante : 30 petites entreprises, c'est-à-dire comptant moins de 50 employés, et 11 entreprises de taille moyenne. Les entreprises représentaient un vaste éventail de technologies de l'information (tableau 7). Plus de la moitié étaient établies en Ontario (voir l'annexe C). La plupart des répondants étaient présidents ou vice-présidents des services technologiques de leur entreprise.

Les technologies de l'information émergentes et leur échéancier

Les répondants prévoyaient plusieurs progrès importants dans les dispositifs des puces, y compris une augmentation de l'échelle d'intégration des puces, une amélioration de la mise sous boîtier des puces et des composantes montées en saillie, tout cela d'ici cinq ans. Ils envisageaient l'utilisation généralisée des radiotéléphones cellulaires, des disques optiques, des mémoires "block-line" et des puces sur commande d'ici 10 ans. Ils prévoyaient également l'émergence de plusieurs autres technologies de l'information, mais ne s'entendaient pas sur l'imminence de l'adoption commerciale de certaines des fibres optiques, des lasers, de l'arséniure de gallium, des systèmes-experts et de l'introduction des langages naturels. Ils prédisaient aussi une évolution importante des logiciels, y compris la CAO/FAO/IAO, la vision artificielle, les langages militaires, l'apprentissage assisté par ordinateur et la programmation assistée par ordinateur (tableau 8).

Les inquiétudes des petites entreprises

La liste exhaustive des inquiétudes manifestées par les répondants des petites entreprises ne diffère pas tellement de celle des autres répondants de l'industrie, mais elle semble porter sur des problèmes précis plutôt que sur les grands problèmes auxquels le Canada fait face. La R et D, l'éducation, la réglementation et le rythme des changements technologiques formaient l'essentiel des inquiétudes exprimées.

Pour ce qui touche la R et D, les répondants ont noté l'absence d'engagement gouvernemental, surtout dans le financement des projets à long terme. Chez les petites entreprises, il s'agit d'un point crucial car leur survie dépend du renouvellement constant de leur gamme de produits. Les répondants ont aussi dit que les programmes de financement sont trop lents et trop complexes pour les petites entreprises et ils ont rappelé le besoin d'une politique fédérale pour les achats gouvernementaux de produits liés à l'intelligence artificielle d'entreprises canadiennes. Nombre d'entre eux ont aussi noté qu'il leur fallait effectuer de la R et D pour établir de meilleures relations avec les laboratoires gouvernementaux.

Tableau 7 : Profil des répondants des petites entreprises de technologie de l'information

Secteur	Nombre d'employés 1-49	50-199	200+
CAO/FAO	3		
Informatique	3	3	
Communications	4	1	
Marine	1		
Contrôle de l'énergie	1		
Logiciel	5	2	1
Centre de micro-électronique	1		
Instruments	4	2	
Électrique		2	
Commande de processus	4		
Laser	2		
Apprentissage assisté par ordinateur	2		
Total	30	10	1

Tableau 8 : Enquête, réalisée auprès de petites entreprises, sur les technologies de l'information émergentes et l'échéancier des progrès

Technologie émergente	Nombre de fois que des applications ont été mentionnées	Commercialisation (années)			
		n.p.*	0-5	5-10	10+
Dispositifs					
Augmentation de l'échelle d'intégration des puces	3		3		
Composants montés en saillie	3		3		
Amélioration de la mise sous boîtier des puces	4	1	2	1	
Arséniure de gallium	2	1		1	
Puces ultra-rapides à très faible dégagement de chaleur	2	1		1	
Puces sur demande	3		3		
Optoélectronique et mémoire					
Fibres optiques	6	2	2	1	1
Lasers	3	1	1	1	
Disques optiques	3			2	1
Mémoire "block-line"	1			1	
Mémoire à bulles magnétiques	2		2		
Logiciel					
Apprentissage assisté par ordinateur	3	2		1	
CAO/FAO/IAO	2		2		
Robotique	5	2	2	1	
Vision artificielle	1			1	
Systèmes de cinquième génération	1	1			
Langages militaires (ADA, APSE, SRSAO)	1		1		
Intelligence artificielle					
Systèmes informatiques parallèles	1	1			
Systèmes-experts	5		2	3	
Introduction de langage simple	4	1	1	2	
Divers					
Formation d'images	3	1	2		
Systèmes de décomposition chimique basse pression	1		1		
Radiotéléphones cellulaires	1			1	

Nota: *n.p. = non précisé

En matière d'éducation, les inquiétudes exprimées concernaient le manque de personnel qualifié, en particulier de diplômés des sciences de l'informatique, et l'exode aux États-Unis d'autres diplômés spécialisés par manque de débouchés comparables au pays.

Les problèmes de réglementation comprenaient la surréglementation des télécommunications et le manque d'encouragement de la part du ministère fédéral des Communications et du Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes à l'égard de l'esprit d'entreprise. Enfin, de nombreux répondants ont mentionné le rythme des changements technologiques, en soutenant que le public oublie son incidence et son importance dans des domaines comme l'intelligence artificielle, et que les décideurs des gouvernements et de l'industrie comprennent encore mal son incidence en micro-électronique.

LE BILAN

Stratégie technologique

Une des premières tâches auxquelles on devra s'attaquer pour mettre au point une stratégie technologique consistera à déterminer les technologies émergentes susceptibles de modifier en profondeur l'économie et de changer l'équilibre comparatif. Au cours de cette enquête téléphonique, plus de 250 spécialistes canadiens renommés des sciences et de la technologie nous ont fait part de leur point de vue quant aux technologies émergentes qui revêteront une importance stratégique pour le Canada au cours de la prochaine décennie, des secteurs dans lesquels ces technologies auront une incidence et de leurs inquiétudes à l'égard de ces progrès.

Les répondants prévoyaient des progrès imminents dans les technologies de l'information, progrès qui auront des répercussions sociales généralisées. Ils s'attendaient à ce que la deuxième vague des technologies émergentes, les biotechnologies, chevauche la première et englobe l'agriculture, la foresterie, l'exploitation minière et les services de santé. Ils ont également précisé l'émergence d'autres technologies dans le domaine des matériaux industriels de pointe, l'énergie et les autres technologies de fabrication et de transformation. Certaines de ces technologies pourraient avoir des effets néfastes de taille sur certaines industries canadiennes, qu'elles soient du domaine des matières premières ou de la fabrication, tandis que d'autres offriraient des nouvelles possibilités intéressantes. Toutefois, comme l'ont souligné de nombreux répondants, ces progrès technologiques ne devraient pas être pris indépendamment, car l'évolution parallèle de nombreuses technologies connexes et l'effet de synergie peut aussi engendrer des changements profonds. Par exemple, la mise au point de détecteurs chimiques utilisant des fibres optiques offre d'intéressants débouchés commerciaux.

Les répondants ont fait part de diverses inquiétudes à l'égard des technologies émergentes, certains points de vue étant de nature générale, d'autres touchant un sujet particulier. Parmi les inquiétudes mentionnées le plus fréquemment, on retrouve le peu de travaux de développement effectués au Canada; l'incidence néfaste de certaines technologies de l'information sur les emplois; la balkanisation des efforts; le manque d'esprit d'entreprise et l'absence de récompense pour ceux qui prennent des risques; le besoin de plans de recyclage élargis; le manque de personnel qualifié et le besoin d'améliorer les relations entre les universités et l'industrie.

Les points forts du Canada

Un leitmotiv constant revient : le Canada ne devrait pas éparpiller ses ressources limitées entre tout l'éventail des technologies émergentes, mais plutôt miser sur ses points forts. Il faut que les gouvernements et l'industrie dirigent les fonds, car l'étendue et les coûts de la R et D s'accroissent sans cesse et les retombées semblent dépendre de plus en plus de l'aptitude à faire des choix précoces. Mais quels sont les points forts du Canada dans le domaine des technologies émergentes? Quel rang occupe le Canada parmi les grands de la technologie et quels Canadiens sont à l'avant-plan?

Le Conseil des sciences a posé ces questions à 163 membres de l'Association canadienne de la gestion de recherches (ACGR), dont 106 provenaient de l'industrie et représentaient presque toute la R et D industrielle effectuée au Canada. À l'aide d'un questionnaire, on leur a demandé de préciser le domaine dans lequel leur groupe de R et D possédait de l'expertise parmi les 54 technologies émergentes mentionnées lors

des entrevues téléphoniques comme étant susceptibles d'avoir une importance stratégique pour le Canada. On a ensuite demandé à ceux qui possédaient de l'expertise dans un domaine d'évaluer la place qu'occupe le Canada à l'échelle internationale dans cette technologie émergente particulière — premier, moyen ou bas rang. On a demandé à ceux qui étaient d'avis que le Canada était dans les premiers rangs de préciser quels organismes ou particuliers étaient des chefs de file dans le domaine en question.

Parmi les membres de l'ACGR, 82 (plus de 50 pour 100) nous ont répondu. Les non-répondants provenaient surtout d'universités, d'instituts de recherche ou de fondations de recherche provinciales, ou étaient membres de grandes entreprises du secteur primaire ou des industries hydro-électriques. Trente répondants ont déclaré qu'ils possédaient peu ou pas d'expertise dans les 54 technologies émergentes répertoriées. Le tableau 9 donne la répartition de ceux qui possédaient des connaissances spécialisées dans ces domaines. Même si dans certains domaines personne n'avait une expertise particulière, dans neuf technologies émergentes, 10 membres ou plus de l'ACGR ont déclaré que leur groupe de R et D possédait une expertise particulière. Posséder une grande expertise ne veut pas dire être un des chefs de file mondiaux. De plus, décider si le Canada est dans le peloton de tête est vraiment un jugement subjectif. Néanmoins, les résultats de l'enquête démontrent que plusieurs domaines réunissent un consensus. Selon trois membres ou plus de l'ACGR, le Canada est un des chefs de file mondiaux dans six technologies émergentes : télécommunications, technologies de la récupération assistée du pétrole, fuels synthétiques, télédétection, logiciel informatique et technologies de l'hydrogène. Deux répondants au moins étaient d'avis que le Canada dominait dans huit autres technologies émergentes : alliages de pointe, matériaux composites, matériaux conducteurs, technologies de la biomasse, lixiviation des minéraux, technologie du charbon, génie des glaces et technologie de la construction. Le tableau 10 présente l'évaluation fournie par les membres de l'ACGR concernant la place du Canada au chapitre des technologies émergentes, soit dans les premier, moyen ou bas rangs. Il donne également une liste des organismes et des personnes qui, de l'avis des répondants, étaient à l'avant-plan des technologies émergentes.

Domaines exigeant en priorité une action catalytique

Les enquêtes postales et téléphoniques ont déterminé les domaines prioritaires méritant une attention plus soutenue afin d'éviter les dangers prévus et de saisir les occasions offertes. Le Conseil a fait part de certaines de ces idées dans le cadre de sa récente étude sur les biotechnologies (Germes d'avenir, Conseil des sciences du Canada, 1985). D'autres éléments du programme des STE ont également tiré parti des prévisions offertes par ces enquêtes. On a notamment réuni les spécialistes du monde de la recherche et du milieu des affaires oeuvrant dans les domaines prioritaires afin de déterminer et de débattre plus à fond les possibilités, les défis et les contraintes que présentait le Canada, de susciter l'intérêt et d'en arriver à un consensus quant à l'établissement de meilleurs politiques ou moyens d'action. Ainsi, en 1984-1985, des rapports, des conférences ou des ateliers ont porté sur les sujets suivants.

1. Aquiculture (voir L'aquiculture : un plan de développement pour le Canada, rapport final du groupe de travail industriel sur l'aquiculture, Conseil des sciences du Canada, 1984; et L'aquiculture, une occasion à saisir, déclaration du Conseil, Conseil des sciences du Canada, 1985).

2. Matériaux industriels de pointe (pour avoir un rapport des trois ateliers et de l'enquête subséquente menée auprès des participants, voir Aant Elzinga et Sean McCutcheon, Les matériaux industriels de pointe : Perspectives canadiennes, document d'étude, Conseil des sciences du Canada, 1985).

3. Plastiques (pour avoir un rapport de l'enquête effectuée auprès des spécialistes internationaux et de l'atelier, voir Frances Anderson, Andrew Bobkowicz et Frederick Gerson, Les technologies émergentes des plastiques et l'industrie canadienne des plastiques, document d'étude, Conseil des sciences du Canada, 1985).

4. Biotechnologie en foresterie (pour avoir le rapport détaillé d'une conférence, voir The Forestry Chronicle, numéro d'octobre-novembre 1985).

5. Dispositifs médicaux (un rapport sur un atelier de travail de 1985).

6. Irradiation des aliments (rapport et compte rendu d'un atelier, à paraître).

L'étape suivante consistait à désigner les autres domaines où le Conseil des sciences serait en mesure d'exercer une action catalytique. À cette fin, le Conseil a une fois de plus consulté les membres de l'ACGR possédant une certaine expertise dans une ou plusieurs des 54 technologies émergentes. Il les a invités à signaler les technologies émergentes pour lesquelles le Conseil des sciences serait en mesure de jouer un rôle catalytique. Les spécialistes ont recommandé plus de 30 ateliers destinés à réunir des représentants du milieu des affaires, des universités et du gouvernement. On s'entend sur l'importance d'un tel réseau, qui permettrait de raffermir l'engagement et de stimuler l'orientation. Trois membres ou plus de l'ACGR ont insisté sur la tenue d'ateliers portant sur les technologies des méthodes de séparation et des membranes, les techniques catalytiques, les fuels synthétiques, l'aquiculture, les polymères de pointe, les matériaux composites, la céramique de construction, la chimie des surfaces et la technologie des plasmas, et les technologies de la biomasse. Le Conseil des sciences fera tout en son pouvoir pour répondre à la demande, même s'il doit actuellement se contenter d'un budget qui a été coupé de moitié. Il continuera à travailler en étroite collaboration avec les autres organismes fédéraux et provinciaux, ainsi qu'avec les associations commerciales, les sociétés et les universités, et à parrainer des ateliers avec eux.

Tableau 9 : Résultats du questionnaire de l'ACGR : Nombre total de répondants possédant une grande expertise

Matériaux industriels de pointe

11	matériaux composites	3	composites à fibres de carbone (technologie de pointe)
10	polymères de pointe	3	matériaux conducteurs
4	alliages de pointe	3	céramique de construction

Procédés chimiques

15	techniques des procédés catalytiques	6	chimie des surfaces/technologie des plasmas
15	technologie des méthodes de séparation et technologie des membranes	1	système de décomposition chimique basse pression

Micro-électronique

8	CAO/FAO/IAO/PAO	2	puces enrichies/arséniure de gallium
8	logiciel informatique	2	systèmes informatiques de cinquième génération (micro-informatique)
8	télécommunications	2	technologie de la supraconductibilité
5	télédétection	1	langages informatiques militaires
3	radiophones cellulaires	1	traduction des langages naturels
3	fibres optiques	1	reconnaissance de la parole
3	prise d'image sans contact	0	mémoire "bloc-line"
3	robotique	0	mémoire à bulles magnétiques
3	capteurs de vision	0	optoélectronique/systèmes de mémoire
2	intelligence artificielle		
2	apprentissage assisté par ordinateur		

Biotechnologie

10	technologie de la biomasse	5	génie génétique
10	technologie des enzymes	4	biomatériaux
10	fermentation	3	lixiviation des minéraux
9	technologies de la transformation de la cellulose	3	peptides
7	culture de tissus ou culture cellulaire	2	récepteurs cellulaires
6	aquiculture	1	techniques de préparation des produits sanguins
		1	anticorps monoclonaux

Tableau 9 : Résultats du questionnaire de l'ACGR : Nombre total de répondants possédant une grande expertise (suite)

Énergie

12	fuels synthétiques	6	technologie du charbon
11	technologie de la récupération assistée du pétrole	6	énergie solaire
8	technologie de l'hydrogène	5	thermopompes
		4	photovoltaique

Autres

3	génie des glaces	2	irradiation des aliments
2	techniques de construction	1	technologie de la microgravité

Tableau 10 : Points forts et chefs de file du Canada dans les technologies émergentes

Technologie	Rang du Canada* Premier	moyen	bas	Chefs de file canadiens**
Télécommunications	7	2	1	ATC, Recherche Bell-Northern, CC, DNC, Northern Telecom, Mitel, Microtel, Micro-Pacific, Université de Waterloo, Develcon
Technologie de la récupération assistée du pétrole	6	4	1	Imperial Oil, Gulf, EMR, AOSTRA, Pétro-Canada, PRI, Syncrude, Suncor, Shell, Universités de l'Alberta, de Calgary, de Waterloo, McGill, ERL, Division pétrolière du Saskatchewan Research Council, ARC, Calgary Computer Modelling Group
Fuels synthétiques	6	3	1	Syncrude, Suncor, Shell, ARC, Imperial Oil, CANMET, Gulf, Pétro-Canada, Partec-Lavalin, Esso, ERL, Universités de Calgary et d'Alberta, Husky, Consumers Co-op Refinery
Logiciel informatique	4	2		Northern Telecom, IREQ, Recherche Bell-Northern, NovAtel, Mitel, Universités de Toronto et de Waterloo, Sed Systems
Télédétection	4	1		Pétro-Canada, Dome, Gulf, MDA Canada, Moniteq, Nordco Seatech, Dipex, CCT, DREA Intera, F.G. Bercha, C-CORE, Dobrocki, Perceptron, EMR, CC
Technologie de l'hydrogène	3	6	1	Noranda, Electrolyser, IREQ, Université d'Ottawa, Hydrogen Industry Council, Institute of Hydrogen Systems, EACL, Queen's McMaster, CNRC

Tableau 10 : Points forts et chefs de file du Canada dans les technologies émergentes (suite)

Technologie	Rang du Canada* Premier	moyen	bas	Chefs de file canadiens**
Technologie de la biomasse	2	7	3	PAPRICAN, EMR, CNRC, Forintek
Technologie du charbon	2	5	1	ERL, ARC, BCRC, NSRFC, CANMENT, CNRC, les universités
Matériaux composites (systèmes à base de bois ou de résine)	2	3	4	MacMillan-Bloedel, Forintek
Alliages de pointe	2	1	1	IREQ, Air Liquide, Canmet, EACL, Alcan, IMRI, Établissement aéronautique du CNRC
Lixiviation minérale	2	1		EMR, CANMET, Sherritt Gordon Mines, P.M. Leaching, Vancouver
Matériaux conducteurs	2		1	Canada Wire & Cable, CANMET, ORF, Queen's, McMaster, École Polytechnique, Almax Industries, Magna International, Alcan-Reynolds Canada
Génie des glaces	2			L. Gold, CNRC, Esso, K.R. Croasdale, Gulf, Geotech, Lavalin, Acres, Laval, M. Metge (Calgary), Dome, Arctec, F.G. Bercha, Université Memorial, Dobrocky-Seatech, Mobil, R. Macellus, Pétro-Canada, École Polytechnique, Swan Wooster

Tableau 10 : Points forts et chefs de file du Canada dans les technologies émergentes (suite)

Technologie	Rang du Canada* Premier	moyen	bas	Chefs de file canadiens**
Technologie de la construction	2			Dave Eyre, SRC, Saskatoon, CNRC, Carleton, CANMET, NAE, Olympia-York, Beer Precase, Université de Western Ontario et Université de Guelph, Schock-Béton
Techniques de procédés catalytiques	1	14	3	IREQ, CNRC, Université d'Ottawa, Université de Sherbrooke
Technologie des méthodes de séparation et technologie des membranes	1	11	4	CNRC
CAO/FAO/IAO/PAO	1	5	3	Bata Limited
Polymères de pointe	1	5	2	IREQ
Fibres optiques	1	2		Recherche Bell-Northern
Radiotéléphones cellulaires	1	1	1	NovAtel
Irradiation des aliments	1	1		EACL, Gamma Processing International Ltd.
Peptides	1		2	Freisen, Solomon, Copp, Bennett, Posner, Smith, Yottzman
Intelligence artificielle	1		1	Université de Toronto
Techniques de préparation des produits sanguins	1			DCIEM
Thermopompes		5	1	
Technologie de la transformation de la cellulose		4	2	
Fermentation		3	5	

Tableau 10 : Points forts et chefs de file du Canada dans les technologies émergentes (suite)

Technologie	Rang du Canada* Premier	moyen	bas	Chefs de file canadiens**
Enzymes	3	4		
Chimie des surfaces/ technologie des plasmas	3	4		
Génie génétique	3	2		
Énergie solaire	3	1		
Prise d'image sans contact	3			
Céramique de construction	2	2		
Robotique	2			
Technologie de la supraconductibilité	2			
Apprentissage assisté par ordinateur	2			
Aquiculture	1	5		
Puces enrichies (arséniure de gallium)	1	1		
Ordinateurs de la cinquième génération	1	1		
Biomatériaux	1	1		
Traduction des langages naturels	1			
Reconnaissance de la parole	1			
Capteurs de vision	1			
Récepteurs cellulaires	1			

Tableau 10 : Points forts et chefs de file du Canada dans les technologies émergentes (suite)

Technologie	Rang du Canada* Premier	moyen	bas	Chefs de file canadiens**
Anticorps monoclonaux	1			
Photovoltaïque		3		
Matériaux composites de carbone (Technologie de pointe)		2		
Langage informatique militaire		1		
Technologie de la microgravité		1		

Source : Enquête auprès des membres de l'ACGR

* Les chiffres correspondent au nombre de répondants selon la place de chacun
** Pour une liste des abréviations, voir l'annexe D.

PARTIE B

LA SECONDE CONSULTATION

LES RÉPONDANTS

Le programme des STE a emprunté deux méthodes pour remplir son mandat. La première, dont nous avons parlé dans la partie A, consistait en des entrevues téléphoniques effectuées à la fin de 1984 pour recueillir des informations détaillées auprès de plus de 250 scientifiques et ingénieurs de renom. Par la suite, une enquête postale obtenait l'opinion des membres de l'Association canadienne de la gestion de recherches. La deuxième méthode, décrite dans la partie B, consistait en une enquête postale effectuée en 1984-1985. La première enquête était axée vers les grands exécutants de R et D; la deuxième, beaucoup plus vaste, visait les petites et moyennes entreprises comptant quelques scientifiques ou ingénieurs seulement, et des chercheurs et ingénieurs autonomes en poste dans des hôpitaux et des universités. Elle englobait aussi de grandes entreprises autres que les principaux exécutants de R et D.

Méthode

L'enquête postale a recueilli le point de vue de tous les Canadiens, 11 584 au total, qui étaient censés posséder des connaissances en sciences et technologies émergentes, soit parce qu'ils étaient des chercheurs actifs, soit parce qu'ils avaient des responsabilités politiques dans ce domaine. On a fait parvenir un questionnaire à 8 336 scientifiques et ingénieurs effectuant des recherches dans des universités et des hôpitaux; à 455 chercheurs, ingénieurs et gestionnaires du gouvernement; et à 2 793 chercheurs de l'industrie. On a également fait parvenir des questionnaires à tous les chercheurs qui détenaient une bourse du Conseil de recherches médicales et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie; à toutes les entreprises qui avaient informé Statistique Canada de leurs travaux de R et D; aux entreprises de fabrication ayant à leur emploi des scientifiques et des ingénieurs faisant partie des annuaires industriels; aux conseillers scientifiques et en politique des ministères provinciaux chargés des sciences et de la technologie; et à tous les autres spécialistes scientifiques gouvernementaux dont le nom apparaissait dans les divers programmes de travail du Conseil des sciences.

Ce sondage visait notamment à mettre au point un répertoire national des technologies émergentes qui, de l'avis des répondants, présentait une importance stratégique pour le Canada. Il s'agissait aussi, entre autres objectifs, de préciser les secteurs les plus susceptibles d'être touchés par ces technologies émergentes; de cerner les inquiétudes des répondants concernant la réponse possible du Canada à ces technologies émergentes; et de tenter d'établir des réseaux de spécialistes pour une technologie émergente particulière.

Le questionnaire comportait les cinq questions suivantes :

1. Quelle technologie émergente considérez-vous comme éventuellement importante pour le Canada au cours de la prochaine décennie?
2. Quels secteurs commerciaux ou socio-économiques seront les plus touchés par ces technologies émergentes?
3. Croyez-vous que cette technologie puisse être commercialisée au cours de la prochaine décennie (très probable, probable, incertain, peu probable).
4. Qu'est-ce qui vous préoccupe, le cas échéant, concernant la réaction canadienne face à cette technologie émergente?
5. Quels sont les principaux domaines scientifiques et technologiques dans lesquels vous possédez de l'expertise ou de l'expérience?

On demandait également aux répondants de préciser s'ils désiraient ou non garder l'anonymat.

Réponses et système d'extraction

Plus de 31 pour 100 des personnes à qui le Conseil des sciences a fait parvenir un questionnaire y ont répondu. De ce nombre, les deux tiers travaillaient dans les universités, un quart en milieu industriel et moins d'un dixième au gouvernement. Comme le démontre le tableau 1, les répondants provenaient d'un peu partout au pays.

Tableau 1 : Réponses de l'enquête postale, par province et territoire

Région	Pourcentage de réponses
Terre-Neuve	2,0
Nouvelle-Écosse	3,8
Île-du-Prince-Édouard	0,3
Nouveau-Brunswick	2,5
Québec	20,7
Ontario	39,0
Manitoba	5,1
Saskatchewan	5,7
Alberta	8,9
Colombie-Britannique	11,7
Yukon, Territoires du Nord-Ouest	0,2

Source : Conseil des sciences du Canada, programme des STE, enquête postale, 1984-1985.

Certains répondants ont été brefs, d'autres ont donné des réponses très détaillées. Certains ont précisé une seule technologie, d'autres en ont mentionné plusieurs. Pour composer avec le volume et la diversité des réponses, chaque réponse -- sauf celles qui demandaient de respecter le caractère confidentiel -- a été versée dans une base de donnée informatique d'après un système de documentation automatique.

Aperçu des réponses

Pour cette enquête, on a défini une technologie émergente comme "une technologie qui n'est pas encore commercialisée, mais émerge actuellement des laboratoires ou en émergera au cours des cinq prochaines années". Les technologies émergentes prennent plusieurs formes. Elles peuvent découler d'une recherche fondamentale dans les laboratoires, elles peuvent être des ajouts à des technologies déjà en place, des applications d'idées énoncées depuis longtemps ou simplement l'utilisation de technologies classiques dans de nouveaux contextes. Les réponses entraient dans toutes ces catégories.

Le vaste éventail de réponses a été morcelé en seize groupes représentant les grands secteurs et technologies :

A. Technologies principales

Micro-électronique
Biotechnologie
Matériaux industriels de pointe

B. Secteurs

Instruments
Sciences
Sciences planétaires
Froid/régions nordiques
Environnement
Espace
Fabrication
Transports
Énergie
Foresterie
Exploitation minière
Aliments
Médecine

On note un chevauchement important entre les groupes et une certaine interaction entre les technologies. Dans chaque groupe, on trouve des centaines de technologies émergentes distinctes, beaucoup trop détaillées et trop nombreuses pour être énumérées ici. Le titre de chaque groupe n'est qu'une approximation de son contenu. Par exemple, le groupe "aliments" englobe l'agriculture, l'aquiculture et la transformation des aliments — trois domaines bien distincts.

Une mise en garde s'impose : l'enquête postale était un exercice de prévision où l'on demandait aux spécialistes d'évaluer, dans la mesure du possible, les technologies qui étaient à un stade préliminaire de développement, mais qui étaient susceptibles d'avoir une incidence significative d'ici environ 10 ans. Les résultats ne sont pas des faits, mais plutôt des points de vue individuels ou collectifs concernant l'avenir, basés sur des signaux quelquefois très confus. Ils sont tout au plus un guide concernant les possibilités d'avenir et non pas une directive. Nous n'avons jamais voulu énoncer des scénarios futurs ou des contextes particuliers. Les possibilités prévues par certains peuvent constituer des menaces pour d'autres. Le présent rapport fait seulement état des opinions exprimées et des prévisions offertes. Il ne constitue qu'une étape d'une analyse approfondie et donne un aperçu général. Même si la première conception du programme des STE prévoyait une analyse approfondie, les importantes coupures budgétaires du Conseil, opérées en 1985, ne nous permettront pas de suivre cette démarche.

Ce qui ressort le plus de l'étude, c'est le fait que trois groupes — la micro-électronique, la biotechnologie et les matériaux industriels de pointe — se retrouvent dans plus de la moitié des réponses. On s'attend à ce que ces technologies aient des applications générales dans la plupart des autres groupes et, par conséquent, qu'elles entraînent des retombées considérables sur l'économie canadienne. Ces trois groupes sont considérés comme des technologies "pivots" et sont à la base des changements technologiques qui se produisent actuellement sur la scène internationale.

LES TECHNOLOGIES PIVOTS

Micro-électronique

Les réponses du groupe de la micro-électronique se répartissent en quatre petits groupes d'importance plus ou moins égale : matériel informatique (matériaux et systèmes commerciaux, conception et éducation); intelligence artificielle; et technologies des ondes porteuses et de transmission. De l'avis des répondants, le Canada occupe une place prépondérante dans certains créneaux à l'avant-garde de la recherche dans tous ces sous-groupes; mais nombre de répondants craignent que le Canada ne soit incapable de transformer ces points forts en succès industriels dans certains domaines. Ce sont, par exemple, la mise au point et la mise en application de la technologie des radars à antenne synthétique, des instruments modulaires souterrains et des méthodes de surveillance des procédés in situ et des milieux miniers.

La plupart des répondants qui soulignaient l'importance du matériel informatique et de l'informatique étaient des spécialistes des universités. À l'exception du travail entrepris dans le domaine des matériaux semi-conducteurs comme l'arséniure de gallium (dont le Canada est un grand raffineur à l'échelle mondiale), il semble y avoir peu de liens entre la recherche et l'industrie. En revanche, les répondants qui mettent au point une nouvelle technologie informatique axée sur l'utilisation sont la plupart du temps eux-mêmes des usagers ou des fabricants, ce qui explique qu'ils soient beaucoup plus intéressés à l'ensemble du processus d'innovation.

Le Canada s'est distingué en matière de communications et il s'est taillé un créneau bien défini dans les domaines des technologies des ondes porteuses et de transmission comme les fibres optiques, les lasers, les micro-ondes et autres technologies de télécommunications.

Biotechnologie

Les technologies de la micro-électronique appuient un domaine bien structuré d'activités économiques; la plupart des biotechnologies, par contre, sont si nouvelles qu'elles ne représentent pas encore un secteur industriel bien circonscrit. Les applications de la plupart des biotechnologies relevées au cours de l'enquête portaient sur un secteur donné plutôt que sur des domaines généraux. Ces secteurs comprenaient l'agriculture, la transformation des aliments, l'aquiculture, la médecine, les produits pharmaceutiques, la foresterie et l'exploitation minière.

La majeure partie des répondants qui ont choisi les biotechnologies étaient issus des milieux universitaire ou médical et travaillaient surtout en biochimie, microbiologie, sciences biomédicales, pharmacie, sciences vétérinaires et phytotechnie, chimie et biologie. Ils ont surtout mentionné les applications et l'adaptation des progrès accomplis dans la recombinaison de l'ADN, le domaine des membranes, du clonage, de la culture des cellules et des tissus et de l'instrumentation.

En matière de recherche biotechnologique fondamentale et appliquée, la contribution canadienne ne fait pas le poids. En effet, nombre de répondants sont d'avis que le Canada retarde de cinq à dix ans en matière de recherche biotechnologique et qu'à moins d'établir un "plan national dynamique", il ne rattrapera jamais les années perdues.

Matériaux industriels de pointe

Les réponses relatives aux domaines des matériaux industriels de pointe relevaient de quatre grands groupes. Les trois premiers ont fait l'objet d'un intérêt international généralisé; ce sont les matériaux de construction de pointe, les matériaux électroniques et les nouveaux procédés. Le quatrième, qui pourrait avoir une incidence plus directe pour le Canada, regroupe les matériaux traditionnels comme le béton, l'asphalte, le verre, le papier et le bois, qui offrent tous de grandes possibilités d'amélioration.

Les progrès technologiques des matériaux industriels de pointe reposent sur la substitution de matériaux plus légers, plus solides, plus résistants à la corrosion, meilleur marché et faits sur commande (céramiques, alliages de pointe, composites et polymères) aux matériaux classiques sur lesquels s'appuie en grande partie l'économie canadienne (notamment l'acier, l'aluminium, le béton et le bois). Ces progrès posent un sérieux défi à l'économie canadienne, qui est axée presque uniquement sur les ressources primaires, car ils rendront les matériaux traditionnels désuets et diminueront le volume de production nécessaire aux autres.

Les réponses à l'enquête indiquaient que le Canada ne participe pas activement à beaucoup de ces progrès, et que, comparé aux États-Unis et au Japon, il ne fait pas bonne figure. Les points forts du Canada semblent se trouver dans l'industrie des plastiques et dans les nouveaux alliages métalliques. La principale préoccupation des répondants oeuvrant dans le domaine des plastiques est l'adoption de nouvelles technologies des procédés car elles sont la clé de l'instauration d'une indusrie concurrentielle. Dans le cas des céramiques, des matériaux composites et des matériaux classiques, le Canada semble posséder un nombre considérable d'installations et une forte expertise en recherche. Il existe de bonnes possibilités de développement industriel dans ce domaine, mais il faut savoir exploiter les ressources de façon efficace.

LES GROUPES SECTORIELS

Instruments

Un des secteurs importants des technologies émergentes est le secteur des instruments. Les technologies de ce secteur comprennent les instruments de détection et d'essai utilisés dans les milieux industriels et scientifiques, les systèmes de commande dans les procédés de fabrication et les procédés de transformation des matières premières, et les techniques d'analyse et de mesure des procédés biologiques. Ces technologies forment un groupe possédant une structure ramifiée. Les répondants étaient d'avis que l'industrie canadienne possède un bon potentiel d'expansion, mais qu'il lui faut capitaliser sur les percées actuelles dans des domaines comme les applications du laser et la télédétection.

En général, les technologies de ce secteur se rapportent à la détection et à la mesure de phénomènes physiques de l'environnement et à l'envoi des données qui en résultent aux systèmes de prise de décision. L'expansion du secteur s'appuie largement sur les progrès de la micro-électronique, mais d'autres technologies physiques, chimiques et biologiques participent également au processus de création de dispositifs et de systèmes.

Les résultats de l'enquête démontrent que la plupart des travaux de ce domaine se font dans les universités et dans les établissements de recherches gouvernementaux, où l'on crée, à des fins de recherche, du matériel d'essai et des instruments les plus nouveaux. Les répondants croyaient que le principal problème des technologies d'instrumentation était l'absence de mécanismes d'action visant à transférer les nouvelles technologies au marché.

Les sciences et l'environnement

Pour ce groupe scientifique, les réponses portaient surtout sur la recherche fondamentale en mathématiques, en physique et en chimie. Certains répondants ont mentionné leurs propres domaines de recherche et ont eu de la difficulté à préciser les applications. La plupart des répondants signalaient les applications de leurs propres travaux scientifiques en matière de technologie émergente, notamment la recherche sur les lasers ou les sciences des surfaces, qui est directement axée sur les débouchés dans le domaine des communications et des matériaux.

Les sciences planétaires sont un domaine assez important et cohérent pour être traitées comme secteur économique propre. Les universités canadiennes, par exemple, semblent posséder une expertise considérable dans le domaine des prévisions météorologiques informatisées et des sciences de la terre. Les répondants ont noté que le Canada est un chef de file mondial lorsqu'il s'agit d'exporter son expertise en géophysique et en géochimie environnementale. Les connaissances sont rassemblées et vendues comme produit. Dans une économie d'information, ce genre d'activités représente un domaine de croissance d'envergure. Le Canada est particulièrement actif dans le domaine des logiciels informatiques et des systèmes-experts traitant des données géophysiques et géochimiques.

Les technologies relatives aux régions froides et au grand Nord forment un groupe distinct de technologies émergentes. Elles comprennent l'agriculture et la foresterie en région froide, l'ingénierie des glaces, les navires servant à l'exploitation pétrolière off-shore en milieu arctique et les diverses autres applications technologiques liées à l'environnement septentrional. Le groupe est de faible taille, mais nombre de

répondants étaient d'avis qu'il offrait un fort potentiel, à condition que le Canada établisse le plus tôt possible des programmes cohérents et qu'il mobilise son expertise dans ce domaine.

L'environnement est un autre petit groupe composé de technologies multiples de lutte contre la pollution (la plupart du temps biologique et chimique) et d'une variété de techniques de logiciel traitant de sujets liés à la qualité de vie, depuis la médecine orientale jusqu'aux illustrations en relief dans les textes pour les aveugles.

Le petit groupe des technologies spatiales survit grâce à l'appui gouvernemental offerte aux entreprises privées. On retrouve dans ces technologies certains aspects des communications, de la télédétection et des techniques de fabrication en microgravité.

Fabrication et transports

Le groupe de la fabrication est d'importance moyenne et comprend la fabrication, la construction, les procédés chimiques et la conception technique. La taille relativement petite de ce groupe est surprenante, compte tenu de l'importance de ce secteur dans l'économie. Les réponses démontraient clairement que l'activité du secteur de la fabrication est profondément influencée par les technologies informatiques et micro-électroniques, qui rehaussent la qualité et la productivité et permettent une réponse plus souple et plus rapide. Ces progrès évoluent vers le remplacement de la conception et de la fabrication assistées par ordinateur par la fabrication intégrée par ordinateur.

Les transports, un petit groupe, englobent les technologies de transport par terre, par mer, par rail et par air. Les répondants se partagaient à parts presque égales entre les universités et l'industrie. Parmi les répondants qui ont choisi les technologies des transports, la majorité ont surtout fait mention des technologies touchant l'industrie aéronautique, en particulier les aérostats et les aéronefs hybrides et les hélicoptères. Quelques répondants ont parlé d'innovations dans le domaine du transport par rail et par mer, et de plusieurs progrès avant-gardistes n'ayant aucun rapport entre eux dans le domaine de la sécurité des transports. Pour l'industrie automobile, on mettait surtout l'accent sur la recherche dans le domaine des moteurs à meilleur rendement énergétique et des carburants de remplacement pour les voitures.

Ressources

La foresterie, l'exploitation minière, l'alimentation et l'énergie sont des secteurs économiques bien définis. Étant donné l'étendue de l'activité économique de certains de ces secteurs, il est étonnant que si peu de technologies émergentes aient été relevées.

Le groupe de l'énergie, de taille moyenne, englobe les technologies relatives au pétrole, aux ressources renouvelables, à la biomasse, aux piles à combustible, au charbon, à l'énergie nucléaire et à l'hydrogène. Les technologies solaires et éoliennes étaient singularisées. Les réponses traduisaient l'initiative marquée de l'industrie et laissaient supposer un potentiel commercial intéressant dans des domaines comme les éoliennes à axe vertical, surtout celles utilisées dans les collectivités éloignées et dans l'Arctique. Dans le domaine de l'énergie nucléaire, le Canada semblait posséder une avance dans la technologie du tritium. Plusieurs répondants étaient d'avis que le Canada faisait figure de chef de file pour les rotors de grande puissance en composites à fibres (emmagasinage énergétique mécanique) et pour la technologie du combustible à

base d'hydrogène qui, selon eux, étaient maintenant prêts à passer à l'étape de la commercialisation.

Nombre de répondants ont souligné les techniques de pointe en récupération du pétrole et croyaient que le Canada était un chef de file dans le domaine de la combustion in situ à l'aide d'oxygène pour la récupération du pétrole brut. D'autres ont fait remarquer que la recherche canadienne dans le domaine du gaz naturel était reconnue à l'échelle internationale, en particulier la recherche sur les moteurs Diesel utilisant le gaz naturel ou le propane, de même que la recherche fondamentale et appliquée sur la combustion de composés de combustibles gazeux.

Les technologies d'exploitation minière, même si elles ne sont qu'un groupe relativement petit, semblent offrir d'énormes possibilités pour le secteur minier. Le Canada possède, semble-t-il, une expertise considérable dans le domaine de l'exploitation minière, mais, tout comme en agriculture, il existe des tensions entre l'industrie, le gouvernement et les universités. Les répondants ont fait état d'initiatives dans un certain secteur, initiatives qui auraient par la suite été ralenties par un autre secteur. Certains étaient d'avis que les grandes entreprises minières étaient réfractaires à toute innovation, et nombre de répondants de l'industrie ont parlé du manque de capitaux et des mauvais règlements en matière de fiscalité. Certains trouvaient que le Canada avait fait des progrès considérables dans le lessivage sous pression comme pré-traitement du minerai d'or réfractaire, technique qui, selon eux, possédait de bonnes possibilités d'exportation. D'autres ont indiqué qu'en dépit d'un sous-financement, la recherche canadienne dans le domaine du traitement des plasmas était reconnue à l'échelle mondiale et connaîtrait bien des progrès.

Les technologies du groupe de la foresterie viennent appuyer les travaux liés à la plantation, aux récoltes, aux transports, aux pâtes et papiers et aux produits ligneux. Étant donné l'importance de ce secteur au Canada, il est surprenant que les technologies liées à la foresterie ne constituent qu'un groupe de taille moyenne et qu'elles n'aient pas été plus souvent signalées par les répondants de l'industrie. La majorité de ces technologies sont des prolongations ou des variantes de technologies déjà en place et souvent utilisées à l'échelle commerciale. La foresterie chevauche souvent l'agriculture dans l'utilisation des biotechnologies relatives à la multiplication, à la plantation, aux récoltes et à la lutte contre les insectes nuisibles et les mauvaises herbes.

Les technologies de l'alimentation comprennent les technologies relatives à l'agriculture, à la pêche et à la transformation des aliments. Aucune des réponses n'a fait allusion à la pêche en haute mer, mais plusieurs ont mentionné l'aquiculture. Une des possibilités intéressantes qu'offre l'aquiculture est la production d'algues marines, pour laquelle le Canada est considéré comme chef de file et est prêt à commercialiser le produit et à vendre l'expertise.

Environ la moitié des réponses relatives à la transformation des aliments provenait du secteur universitaire, le reste se divisant presque également entre l'industrie et le gouvernement. Les réponses indiquaient que dans le domaine de la transformation des aliments, tout comme pour la pêche, il existait très peu de technologies émergentes. Toutefois, un certain nombre de répondants ont cité le rôle de chef de file du Canada dans la mise au point de la commercialisation de la technologie de la conservation des aliments à l'aide de l'irradiation ionisante. Les quelques réponses qui portaient sur la

production laitière précisaient que, sauf certaines applications en biotechnologie et en traitement des membranes pour la production de lait et de fromage, il existait très peu de possibilités émergentes.

La majorité des réponses du groupe de l'alimentation se rapportait à l'agriculture végétale et animale. Environ les deux tiers des répondants provenaient du milieu universitaire. En reproduction animale, les techniques comprennent les transferts d'embryons, et en multiplication végétale, la technologie de recombinaison de l'ADN est appliquée aux plantes en vue d'augmenter leur croissance, d'encourager une maturation plus précoce et de diminuer leur susceptibilité aux maladies, au gel et à la sécheresse. Les répondants ont aussi noté les contributions canadiennes en matière d'irradiation des semences. La nouvelle génération d'insecticides et d'herbicides chimiques à partir de déchets recyclés, et les stratégies de rechange pour lutter contre les insectes nuisibles à l'aide de produits végétaux naturels et de microbes se font une concurrence serrée.

Médecine

Le groupe important de la médecine comprend les technologies émergentes dans le domaine des produits pharmaceutiques et de l'art dentaire. Les répondants ont souligné la mise en application et l'adaptation de technologies déjà établies comme la tomographie par positrons et la résonance magnétique nucléaire afin de régler un éventail toujours plus large de problèmes médicaux. On s'intéressait particulièrement aux prothèses, y compris les prothèses implantées, les membres artificiels myoélectriques et les prothèses auditives. On a également souligné les systèmes de surveillance à domicile comme les trousses de surveillance des implants, les unités de dialyse à domicile et les pompes à insuline, ces dispositifs étant perçus comme une façon de diminuer le coût des soins de santé, de simplifier le traitement et de limiter la demande d'installations de soins pour malades en phase aiguë.

Les technologies de recombinaison de l'ADN et des hybridomes ont été mentionnées à maintes reprises. Elles ont des applications dans le domaine de la recherche sur le cancer, de la prévention des maladies attribuées au facteur Rh, des vaccins, du traitement de la schizophrénie, de la production d'hormones et d'enzymes, de la régénération des glandes mammaires et du typage sérologique bactérien. Les besoins des handicapés physiques ont aussi fait l'objet d'une attention marquée.

Presque tous les répondants qui ont désigné les technologies médicales provenaient des universités ou étaient des spécialistes de la recherche en milieu hospitalier. La recherche dans ce domaine reçoit très peu de demande de l'industrie.

LA RENTABILISATION DE CE POTENTIEL

En plus de demander aux répondants de désigner une technologie émergente importante, l'enquête postale voulait également que ceux-ci expriment leurs inquiétudes quant à la réaction du Canada face à cette technologie. Devant l'importance des inquiétudes exprimées et l'attitude négative généralisée des répondants, on peut sérieusement mettre en doute la capacité du Canada de réaliser tout son potentiel et d'exploiter les avantages des technologies émergentes. Nombreux étaient les répondants qui croyaient que les Canadiens avaient tendance à se montrer timides, passifs, dépendants et négatifs à l'égard de leurs perspectives.

Une réponse trop lente

Selon la plupart des répondants, ce que le Canada fera face aux technologies émergentes sera "trop peu" et "trop tard". Des répondants ont parlé de problèmes non seulement au niveau du financement et de l'administration de la R et D, mais aussi sur le plan du repérage des domaines prometteurs, du transfert technologique et de la commercialisation, ainsi que des initiatives en vue de conserver la position concurrentielle du Canada, y compris dans des domaines où le Canada est chef de file, comme celui des instruments servant à l'exploitation souterraine ou celui des conteneurs de combustibles à l'hydrogène.

Un financement insuffisant et un manque d'engagement

Les répondants de tous les secteurs s'inquiétaient du manque de fonds de R et D, et les représentants des instituts et des universités s'inquiétaient surtout de l'avenir de la recherche appliquée et fondamentale à long terme. De nombreux répondants ont parlé du manque d'engagement à long terme et de l'instabilité du financement accordé par les gouvernements, des problèmes concernant la disponibilité des capitaux-risques et du manque d'effort national concerté (comparativement au Japon et aux États-Unis) en vue de faire progresser les technologies émergentes.

Les obstacles à la commercialisation

Un des leitmotive des réponses était le niveau élevé de frustration devant la difficulté de miser sur une expertise technique solide — de la traduire en résultats commerciaux. Certains considéraient les technologies émergentes comme étant alimentées de façon excessive par la technologie plutôt que par le marché. De nombreux répondants ont parlé de l'insuffisance des mécanismes de transfert technologique au pays et de l'absence d'entreprises canadiennes prêtes à faire avancer les résultats de la recherche universitaire canadienne.

Plusieurs répondants déploraient le peu d'intérêt des entreprises de fabrication et des industries primaires traditionnelles à l'égard des technologies émergentes susceptibles d'être appliquées et leur résistance face aux changements technologiques. On citait fréquemment l'insuffisance de fonds de démarrage et de soutien organisationnel accordés aux nouvelles entreprises à caractère technologique. De nombreux répondants ont reconnu le besoin d'importer un grand nombre de technologies émergentes et ont réclamé une meilleure collaboration internationale et un intérêt à l'égard des progrès réalisés à l'étranger.

Des brevets et des règlements peu appropriés

Quelques répondants ont soulevé ce problème, le jugeant particulièrement aigu dans le domaine des produits pharmaceutiques, des méthodes de séparation biotechnologique, de l'emballage aseptique des aliments et des boissons, de l'irradiation des aliments, des

pesticides et des droits des éleveurs (le brevetage génétique des espèces conçues génétiquement). Plusieurs répondants, oeuvrant surtout dans le domaine des télécommunications, de la foresterie et de la pêche, ont manifesté des inquiétudes concernant la réglementation, en particulier les règlements se rapportant aux disputes entre le gouvernement fédéral et les provinces ou le gouvernement et l'industrie, disputes qui retardent la mise en place d'une technologie émergente. Les répondants se sont dits inquiets des règlements régissant la sécurité publique, surtout dans le domaine de l'agriculture, de l'industrie alimentaire et de l'énergie nucléaire.

Le manque de main-d'oeuvre qualifiée

De nombreux répondants s'inquiétaient de la crise imminente qui s'annonçait au niveau de la disponibilité d'un personnel hautement qualifié. Plusieurs ont demandé l'amélioration des programmes d'apprentissage et des programmes coopératifs de formation industrie-universités. Les inquiétudes manifestées portaient surtout sur les groupes de biotechnologie et de micro-électronique.

Les incidences adverses sur la société et l'environnement

De nombreux répondants, surtout ceux qui ont parlé des secteurs de la fabrication et de la foresterie et ceux issus des petites et moyennes entreprises, s'inquiétaient du chômage causé par la mise en application des technologies émergentes dans certaines industries. Un petit nombre, particulièrement ceux qui ont débattu des applications de la technologie du secteur alimentaire, ont parlé de la difficulté de faire accepter la technologie émergente. Ils s'inquiétaient aussi des questions de santé, d'environnement et d'éthique. Ils ont souligné, par exemple, les problèmes concernant la sensibilisation du consommateur et les inquiétudes liées à l'irradiation des aliments et à la manipulation des animaux, en biotechnologie. Certains ont fait valoir le besoin de travaux connexes, soit des programmes de surveillance écologique ou environnementale et de perfectionnement en vue d'évaluer les dangers possibles à la suite de l'adoption de technologies émergentes.

L'échec face aux possibilités technologiques et commerciales

De nombreux répondants ont déploré la petite taille du marché canadien pour les technologies émergentes et se sont demandés si le Canada pouvait vraiment se tailler des créneaux dans les marchés technologiques. Plusieurs ont reconnu le besoin de faire des efforts particuliers, par exemple, dans le domaine des logiciels et des systèmes-experts. D'autres ont soulevé de sérieux doutes quant à la capacité du Canada de soutenir la concurrence dans des domaines extrêmement concurrentiels et avides de capitaux comme le matériel informatique. Un nombre important était d'avis que le Canada devrait adopter une stratégie en vue de s'appuyer sur les talents établis et de se tailler des créneaux dans les applications spécialisées des technologies émergentes, comme la biotechnologie utilisée dans l'exploitation minière, l'agriculture, l'aquiculture et la foresterie.

Le manque de coordination entre les secteurs et la mise au point de stratégies nationales

De nombreux répondants encouragent une meilleure collaboration entre les secteurs, de même que la mise au point de stratégies nationales à l'égard des technologies émergentes. Ils sont d'avis que les gouvernements devraient prendre de l'avant pour stimuler la participation industrielle et diffuser l'information concernant les technologies émergentes. Beaucoup ont souligné le besoin de centres d'excellence comme façon d'adopter une approche centralisée et coordonnée en vue de faire progresser les nouvelles technologies.

Les principales inquiétudes

Afin de fournir un aperçu des attitudes générales, la section suivante contient un éventail de réponses du secteur privé, du gouvernement et des universités.

Le secteur privé

1. L'expression "trop peu, trop tard" caractérise la réponse canadienne à cette technologie (instruments modulaires souterrains). Si cette tendance se poursuit, l'avance dans ce domaine, actuellement l'apanage des Canadiens, pourrait bien passer aux États-Unis, au Japon ou à l'Europe, et nous pourrions bien être obligés d'acheter cette technologie des autres, au cours des prochaines années. On a mis beaucoup de temps à reconnaître les avantages possibles, et l'appui des gouvernements tant fédéral que provinciaux a été très faible même lorsqu'il s'est agi d'achats effectués par leurs ministères. En général, on a fait preuve de très peu de rigueur dans la mise en place d'une R et D canadienne dans ce domaine. Si je me fie à la performance antérieure, je m'inquiète beaucoup de l'avenir de cette technologie émergente au Canada. (Le président d'une entreprise de la Colombie-Britannique).

2. Le Canada est trop conservateur et tarde à réagir. Trop souvent, on accorde des fonds trop limités aux travaux de développement, ou il faut, pour les obtenir, faire des démarches interminables. De plus, une fois les résultats obtenus, l'industrie canadienne se montre souvent trop conservatrice pour utiliser le nouveau produit. On demandera plutôt si les Américains l'ont déjà utilisé ou essayé. (Un directeur de R et D dans une entreprise ontarienne de produits chimiques).

3. Nous pouvons être fiers de la réponse canadienne en matière de développement des technologies énergétiques éoliennes. De nos jours, le Canada est aux premiers rangs de la technologie pour les génératrices éoliennes à axe vertical. Les projets financés par le gouvernement ont démontré la faisabilité technique de ces concepts. S'il désire conserver son avance, le Canada devra faire un pas de plus pour aider l'industrie en fournissant les assises financières nécessaires pour optimiser les projets de conception jusqu'au stade où l'on peut commencer la commercialisation de ces machines. (Le directeur d'une grande société d'experts-conseils montréalaise).

4. Les deux technologies (l'application de la flamme plasma dans les procédés métallurgiques et l'application de la microbiologie dans les techniques métallurgiques d'extraction) sont très importantes pour le Canada, car notre économie repose en grande partie sur l'exportation de nos ressources naturelles. Du point de vue des progrès techniques, nous ne sommes pas à plaindre, mais ce qui nous manque, c'est de mettre ces technologies en application. (Un chercheur scientifique auprès d'une grande société pétrolière).

5. Je crains surtout que les producteurs de gaz naturel, les entreprises de service public, les détaillants de carburant, les gros propriétaires de parcs de véhicules et les organismes et ministères gouvernementaux ne réussissent pas à se concerter (du point de vue du soutien et de l'échéancier) pour que le Canada s'impose pour tirer profit de la commercialisation de cette nouvelle technologie. (Le président d'une entreprise de produits chimiques de Calgary).

6. L'approche habituelle — attendre qu'un autre pays nous montre la voie. (Un ingénieur en chef d'une moyenne entreprise ontarienne de machines).

7. Nous avons constaté que les produits les plus nouveaux dans ce domaine sont en général acceptés et adoptés sur les marchés étrangers avant de l'être sur le marché national. Cela démontre le manque absolu de confiance des Canadiens dans la technologie canadienne. (Le directeur d'une moyenne entreprise de la Colombie-Britannique).

8. Le danger : que les ressources canadiennes limitées soient canalisés dans des efforts de double emploi ailleurs, pour rattraper le temps perdu. Nous devrions profiter des réussites des autres pays (surtout des États-Unis) pour faire démarrer la mise en place de l'intégration fonctionnelle. (Le directeur de recherche d'une entreprise d'ingénierie de la Saskatchewan).

9. Il est inutile de construire un mur autour du Canada et de tenter de faire des recherches de façon autonome. Nous devrions participer aux programmes des États-Unis, du Japon et des autres pays plutôt que d'engloutir de plus en plus d'argent dans les établissements de R et D canadiens — pour réinventer la roue. (Le directeur d'une grande société québécoise de matières premières).

10. Des connaissances limitées peuvent être dangereuses! Il faut à tout prix dissiper le mystère et le facteur de danger entourant une technologie émergente avant qu'ils ne prennent forme, cela, grâce à un programme d'information publique suivi et bien planifié, appuyé par un organisme de communication et un processus de réglementation efficace. (Le président d'une entreprise de la Saskatchewan).

Ministères et sociétés de la Couronne

1. EACL est actuellement au premier rang à l'échelle mondiale, grâce à ses mini-réacteurs nucléaires, mais l'organisme doit agir rapidement pour instaurer la commercialisation de ceux-ci. (Le directeur d'une société de la Couronne fédérale).

2. À moins d'obtenir un soutien financier suffisant pour ces technologies (conteneurs de combustible d'hydrogène), ce n'est pas le Canada qui en assurera le développement, même si les scientifiques canadiens sont actuellement très en avance sur les travaux qui se font ailleurs dans le monde. (L'administrateur d'une société de la Couronne fédérale).

3. Le transfert d'une technologie, des laboratoires au marché, exige un engagement financier important pendant de nombreuses années. Comme la plupart des gouvernements semblent adopter des vues à court terme, le Canada a de plus en plus de difficulté à obtenir l'engagement nécessaire pour se tailler une place dominante dans n'importe quelle technologie émergente. Nous avons besoin d'un objectif national précis, avec un échéancier donné, parrainé par un gouvernement fédéral qui ferait abstraction du parti élu. (Un agent de recherche d'une grande société de la Couronne de l'Ontario).

4. L'effort canadien actuel est minime et les programmes sont morcelés. Le Canada devrait poursuivre activement ses travaux technologiques (l'intelligence artificielle appliquée à l'automatisation) en autant que le permettent ses ressources et, si nécessaire, aller à la recherche de talents étrangers. Toutefois, comme la

robotique modifiera l'aspect politique, social et économique du Canada, des politiques et des stratégies nationales seront nécessaires pour orchestrer son introduction et pour résoudre des questions comme la propriété et la responsabilité du propriétaire face aux anciens employés et à la société, en général. (Le directeur général d'une politique de R et D dans un ministère fédéral).

5. Les Européens nous devancent sur ce plan (régulateurs de croissance phytologiques et pesticides); il faut se doter d'une meilleure méthode pour l'octroi des permis régissant les pesticides. À l'échelle internationale, l'agriculture canadienne est souvent désavantagée car ses produits chimiques sont soumis à une surveillance serrée. (Agent de recherche d'un ministère fédéral).

6. Comme technologie, à la fois dans la fabrication du produit et dans ses nombreuses applications possibles, la TSR (technologie de solidification rapide) est bien adaptée à l'état actuel du développement industriel du Canada. Elle exige un niveau modéré d'investissement intellectuel et de savoir-faire technologique, mais sa demande de fonds est modeste. Pourtant, le Canada est une fois de plus loin derrière. Seule une société canadienne, Alcan, possède un programme établi et autonome de développement de la TSR, et une seule autre entreprise utilise un produit (importé) pour un des dispositifs qu'elle offre. On peut compter sur les doigts d'une main les sociétés qui songent sérieusement à entreprendre des projets modestes de R et D exploratoires. Pour ce qui est des universités et des établissements sans but lucratif, une seule, l'Université McGill, assure une présence importante dans le domaine (le domaine des alliages magnétiques durs). Je ne crois pas que l'on doive consacrer des ressources supplémentaires pour régler cette situation. Ce dont nous avons besoin, pour le moment, c'est que les adeptes du processus établissent un programme d'information visant à intéresser les industries et les entrepreneurs aux possibilités offertes. (Le directeur d'un laboratoire du gouvernement fédéral).

7. Lorsque cette technologie sera mise au point (matériaux thermoplastiques "matriçables" à fibres longues), les industries axées sur les produits destinés au consommateur, comme les industries de l'automobile et des petits appareils ménagers, connaîtront une révolution dans leur rôle de fournisseur. Une nouvelle structure de petits sous-traitants apparaîtra, remplaçant les usines actuelles de matriçage, petites ou grandes. Nombre de petites entreprises devront utiliser les nouveaux matériaux et procédés. Pour survivre, ces entreprises auront besoin de bases de données, de technologies des procédés et de nouvelles machines pour réaliser ce changement. Le danger, c'est que nos usines actuelles de matriçage du métal continuent le matriçage de pièces de métal, sans changer, et en répondant aux besoins d'un marché en décroissance qui, avec le temps, disparaîtra. La transition d'une industrie active en industrie non existante sera peut-être graduelle, mais elle sera complète. (Le chef de groupe d'un centre de recherche du gouvernement fédéral).

8. Le Canada aide rarement un joueur avant qu'il ne soit sur le déclin après avoir été champion pour quelqu'un d'autre. (Le chef d'une division d'une société de la Couronne fédérale).

Les universités, les instituts de recherche et les hôpitaux

1. Le rassemblement d'un grand nombre de chercheurs dans un seul domaine est notre plus gros problème de concurrence. Les considérations politiques qui, dans le passé, ont exigé une décentralisation des ressources, de concert avec la domination de l'industrie américaine, en termes de développement, ont entravé nos propres progrès. (Un doyen de l'Université McGill).

2. Je ne crois pas que l'industrie canadienne soit en mesure de s'engager, ou même qu'elle le désire, dans de la recherche fondamentale à long terme; cela demeure l'apanage des instituts et des universités. Les politiques gouvernementales actuelles ne semblent pas non plus aller en ce sens. Il faut des années pour mettre sur pied une unité scientifique, mais les résultats de ces travailleurs peuvent être annihilés en beaucoup moins de temps. J'espère de tout coeur que des mesures seront prises pour empêcher la dégénérescence de notre collectivité canadienne de recherche. (Un professeur de l'Université de Waterloo).

3. La principale inquiétude provient du fait que, dans bien des cas, le fossé demeure toujours important entre les chercheurs canadiens et ceux qui peuvent bénéficier de leurs recherches. Il est injuste de s'attendre à ce que les chercheurs soient ceux qui vendent leurs marchandises après que les résultats de leurs recherches aient été publiés. Nous avons besoin d'un "organisme" supplémentaire qui reconnaisse, en quelque sorte, la possibilité de ces réussites et joue le rôle "d'entremetteur" entre les deux parties, pour leurs intérêts réciproques. (Un professeur de l'Université de Calgary).

4. Les lois canadiennes actuelles freinent le développement canadien dans ces deux domaines (méthodes de séparation biotechnologique et emballage aseptique des aliments et des boissons). Le manque de protection de la recherche pharmaceutique a eu des effets désastreux sur l'industrie canadienne. Nos lois sur les produits laitiers ont rendu difficile sinon impossible la mise au point de produits mixtes laitiers-oléagineux — tandis qu'en Europe, ce domaine a connu une croissance phénoménale. (Un professeur de l'Université de Toronto).

5. Le gouvernement canadien a consacré des décennies d'efforts de recherche en aquiculture. Nous avons l'expertise, mais nous n'avons pas la volonté de mettre ces talents en application pour créer une industrie génératrice d'emplois. Tout cela, parce que notre gouvernement (contrairement aux gouvernements de la Scandinavie et du Japon) a été trop timide pour fournir l'infrastructure nécessaire (projets de démonstration, subventions au développement, commercialisation, formation, services de vulgarisation) et parce que notre industrie et nos établissements financiers (contrairement à leurs homologues américains) hésitent à entreprendre une telle production ou à y investir des capitaux (en raison peut-être de restrictions réglementaires à l'égard des services dont la Couronne est propriétaire ou de la timidité de l'industrie, en tant qu'entrepeneur). (Un professeur de l'Université du Manitoba).

6. Le Canada possède une excellente base technologique. Malheureusement, cette base est fondée uniquement sur la technologie. Elles offre des solutions aux problèmes plutôt que d'analyser le marché et les besoins de l'utilisateur et de répondre aux besoins de celui-ci. Le Canada perdra sa place au profit des États-Unis, de l'Europe et du Japon si les fournisseurs ne mettent pas davantage

l'accent sur la recherche axée sur les besoins du consommateur et s'il ne se sert pas de ce talent pour encourager la conception de produits. Actuellement, les vendeurs insistent beaucoup plus sur le perfectionnement que sur le côté pratique. Le Canada est un chef de file mondial en technologie informatique, mais il ne peut s'occuper de la gestion ou de la commercialisation de cette technologie, un débouché incroyable qu'on laisse échapper. (Un professeur de l'Université de Waterloo).

7. Dans tous ces domaines (l'hydrogène comme combustible, etc.), il semble que nous empruntions une fois de plus la vieille ligne de conduite canadienne : acheter la technologie de quelqu'un d'autre et fournir notre main-d'oeuvre technique, au lieu de renverser cette façon de faire et de vendre notre technologie aux autres. (Un professeur de l'Université Queen's).

8. Trop peu, trop tard. Nous attendrons que la technologie soit instaurée dans d'autres pays, en partie par des Canadiens exilés qui n'ont pas trouvé le soutien nécessaire ici; le Canada achètera ensuite cette technologie et continuera de dépendre du savoir-faire étranger. (Un professeur de l'Université McMaster).

9. L'exode des cerveaux commence déjà, à mesure que les spécialistes de l'intelligence artificielle quittent les universités pour se diriger vers l'industrie (attirés par les possibilités des technologies émergentes), et le Canada pour aller vers les États-Unis. Ce premier exode a empêché l'université de poursuivre des recherches scientifiques et de répondre à la demande toujours croissante de professeurs dans ce domaine. Le deuxième exode constitue un sérieux handicap à la modernisation de l'industrie canadienne. (Un professeur d'informatique).

10. Au Canada, l'absence de protection des brevets cause et continuera de causer le départ vers les États-Unis de nombreux chercheurs ainsi que la perte de beaucoup de projets dans ce domaine (biotechnologique). Par conséquent, les sociétés n'effectueront pas de travaux au Canada. (Un professeur de l'Université McGill et de l'hôpital Shriners).

11. Les services de conception en ingénierie du Canada pourraient bien devenir un produit important sur le marché international. Nous possédons certaines équipes de conception remarquables, ayant poursuivi des recherches appliquées à l'échelle interne et capables d'utiliser les résultats scientifiques modernes pour effectuer des projets de conception complexe et de grande envergure. L'équipe d'EACL me vient immédiatement à l'esprit, de même que de petits groupes comme MPB Technologies, etc. Il serait possible d'effectuer des projets conjoints avec la Corée, le Brésil ou d'autres fabricants, projets où nous pourrions effectuer la conception et eux, la construction. Cette façon de faire se retrouve déjà dans le domaine des transports en commun, mais elle pourrait être élargie. La Suède, par exemple, songe sérieusement à abandonner complètement la construction de coques de navire et à exporter seulement les travaux de conception de navires aux chantiers maritimes étrangers. Il semble que nous agissions un peu de la même façon dans l'industrie de la construction commerciale, Toronto servant de centre continental de l'activité de conception. (Le vice-recteur d'une université ontarienne).

12. Le Canada possède des équipes de conception industrielle de même que des groupes de recherche de haut calibre dans les universités et les laboratoires de recherche gouvernementaux. Malheureusement, ces groupes ne semblent pas bien collaborer à la réalisation d'objectifs à long terme, objectifs qui font grandement défaut. (Un professeur de l'Université de Toronto).

13. Trop peu trop tard, comme d'habitude. (Un professeur de l'Université de Guelph).

14. Nous mettons trop de temps et le marché pourrait bien être accaparé par des concurrents (surtout les Norvégiens). Les Norvégiens ont environ six à sept ans d'avance sur notre technologie, même si nous avons un potentiel supérieur, ce sont eux qui doivent nous donner des leçons. (Un professeur de l'Université Simon Fraser).

15. Si l'on compare les efforts du Canada à ceux de la Suède et de la Nouvelle-Zélande, un seul adjectif s'applique, pathétique. À mon avis, l'industrie canadienne prendra la relève seulement lorsque la technologie aura été mise en place et que les avantages et les brevets seront la propriété d'autres pays. (Un professeur de l'Université de la Colombie-Britannique).

16. C'est de la blague que de penser que nous poursuivons de la recherche scientifique de pointe. Dans la plupart des laboratoires universitaires, le niveau de financement est tellement bas que la plupart d'entre nous faisons plutôt de la science d'enfants d'école. (Un professeur de l'Université de Waterloo).

17. Je ne m'inquiète pas tellement du développement de la technologie. Les diverses disciplines (biochimie, biologie moléculaire, phytologie, etc.) sont capables n'importe quand de créer à partir d'anciens thèmes, ou même de réaliser de "nouveaux organismes". Ce dont je m'inquiète c'est que nulle part au Canada ou ailleurs, il ne semble y avoir de développement parallèle des programmes de surveillance de l'écologie ou de l'environnement qui permettront aux écologistes de travailler aux côtés de biotechnologues dans des programmes pilotes sur le terrain afin de découvrir les problèmes qui pourraient survenir (insectes ravageurs ou attaques d'agents pathogènes, par exemple) lorsque de nouvelles variétés de récoltes seront distribuées pour des plantations à grande échelle. (Un professeur de l'Université de la Colombie-Britannique).

18. Mon inquiétude : que le Canada procède à l'adoption d'une nouvelle technologie possédant le meilleur degré de perfectionnement possible comparativement aux dangers possibles. (Un professeur de l'Université de Toronto).

19. L'inquiétude généralisée porte sur l'absence de centres techniques d'excellence possédant l'équipement et l'expertise nécessaires pour donner suite aux bonnes idées des laboratoires et pour les transformer en articles commercialisables. Les pays qui ont réussi dans le domaine de la technologie de pointe, comme le Japon et les États-Unis, possèdent une base industrielle et technique qui voit d'un bon oeil les idées et qui peut en même temps produire les prototypes nécessaires aux études. (Un scientifique principal de l'Université de la Colombie-Britannique).

LES GRANDES CONCLUSIONS

L'enquête postale auprès des ingénieurs et scientifiques canadiens a précisé quelles étaient les technologies émergentes d'importance stratégique pour le Canada. Les réponses de ces spécialistes ont été versées dans une banque de données informatiques permettant un retrait grâce à l'utilisation d'un logiciel de reconnaissance du texte. Ce rapport fournit seulement un aperçu des réponses, en les regroupant en seize technologies ou secteurs. Trois grandes technologies prédominent — la micro-électronique, la biotechnologie et les matériaux industriels de pointe. À cet égard, l'enquête postale vient répéter les résultats généraux obtenus au cours des entrevues téléphoniques faisant l'objet de la partie A.

Les résultats de l'enquête démontrent qu'en micro-électronique, le Canada occupe des créneaux particuliers à l'avant-plan de la recherche et qu'il possède une avance dans les technologies d'ondes porteuses et de transmission en télécommunications. En biotechnologie, nombre de répondants craignent que la recherche canadienne n'accuse un retard de cinq à dix ans. Ils ont souligné entre autres les applications de la biotechnologie et l'adaptation aux secteurs de la médecine et des ressources des progrès de la recherche sur l'ADN, les membranes, le clonage, la culture de tissus ou culture cellulaire, et les instruments. Pour ce qui est des matériaux industriels de pointe, le Canada accuse un retard encore plus grand qu'en biotechnologie. La principale inquiétude ici est la menace qui pèse sur l'économie canadienne : des matériaux industriels de pointe que l'on substitue aux matériaux classiques sur lesquels se fonde en grande partie l'économie canadienne.

La plus grande différence relevée entre l'enquête postale et les entrevus téléphoniques repose peut-être sur un choix plus grand, dans l'enquête postale, du groupe de la technologie des instruments. Il s'agit d'un domaine des technologies émergentes dans lequel le Canada possède un potentiel considérable, tant dans les universités que dans les établissements de recherches gouvernementaux, mais où il fait face à des problèmes de transfert technologique au marché. Pour d'autres groupes technologiques, les réponses ont révélé certains besoins d'expertise, avec des points forts dans les groupes de la médecine et de l'énergie.

Principales questions de politique

L'enquête postale a également précisé les inquiétudes des répondants quant à la façon dont le Canada réagira face aux technologies émergentes. L'inquiétude manifestée par les répondants et l'aspect négatif des réponses font naître de sérieux doutes quant à la capacité du Canada de matérialiser son potentiel et d'exploiter les avantages des technologies émergentes. Il se dégage de l'attitude canadienne une impression de timidité, de passivité et de dépendance. Neuf grandes questions de politique émanent des inquiétudes exprimées par ce groupe important d'ingénieurs et de scientifiques canadiens. De fait, elles constituent le principal ordre du jour d'une politique scientifique et technologique.

1. Comment faire en sorte que le Canada saisisse plus rapidement les possibilités offertes par les technologies émergentes?
2. Comment composer avec les effets adverses des technologies émergentes?
3. Comment susciter un engagement et obtenir les fonds nécessaires à la recherche?
4. Comment développer l'esprit d'entreprise et renforcer la confiance dans les possibilités canadiennes?
5. Comment surmonter les obstacles à la commercialisation et améliorer le transfert technologique, des universités et des gouvernements au marché?

6. Comment surmonter le manque de main-d'oeuvre hautement qualifiée?
7. Comment se tailler des créneaux technologiques et commerciaux?
8. Comment améliorer la coordination entre les principaux acteurs et mettre au point des stratégies nationales?
9. Comment utiliser les nouvelles technologies pour moderniser les industries du secteur primaire?

ANNEXE A: MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

Président :
Stuart Smith
Président
Conseil des sciences du Canada
Ottawa

Directeur intérimaire du programme des STE
Guy Steed
Directeur adjoint de la recherche
Conseil des sciences du Canada
Ottawa

Membres :
Susan Attenborough
Représentante nationale
Recherche et législation
Congrès du travail du Canada
Ottawa

Carl Beigie
Vice-President and Chief Economist
Dominion Securities Ames Limited
Toronto

Joel Bell
Consultant
Toronto

Roger Blais
Directeur
Centre d'innovation industrielle (Montréal)
Montréal

Pierre Bois
Président
Conseil de recherches médicales
Ottawa

A. Rod Dobell
Président
Institut de recherches politiques
Victoria

James Gilmour
Directeur de la recherche
Conseil des sciences du Canada
Ottawa

Keith Glegg
Vice-président (industrie)
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa

Ivan Head
Président
Centre de recherches pour le développement international
Ottawa

Geraldine A. Kenney-Wallace
Professor of Chemistry and of Physics
Lash Miller Laboratories
University of Toronto
Toronto

Larkin Kerwin
Président
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa

Walter F. Light
Chairman
Northern Telecom Limited
Mississauga

Suppléant :
D.A. Chisholm
Executive Vice-President
Technology and Innovation
Northern Telecom Limited
Mississauga

Gordon MacNabb
Président
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
Ottawa

Suppléant :
Gilles Julien
Directeur exécutif
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
Ottawa

Jorge Miedzinski
Consultant
Ottawa

T.B. Nickerson
President
Nova Scotia Research Foundation
Dartmouth

Alfred Powis
Président du conseil et chef de l'administration
Noranda Inc.
Toronto

J.K. Pulfer
Vice-président en titre (laboratoire)
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa

Agents de projet du Conseil des sciences
C. Pleszczynska, conseillère scientifique
Scott Tiffin, conseiller scientifique
Susan Mills, attachée de recherche
Jessie Weldon, adjointe de recherche

D.J. Saxby
President
Aqua Foods Limited
Vancouver

R. Earl Storie
President
Association of Canadian Venture Capital Companies
Toronto

William Taylor
Président
Conseil de recherches en sciences humaines du Canada
Ottawa

Hugh Wynne-Edwards
Vice-président, R et D
Chef des services scientifiques
Alcan International Limitée
Montréal

ANNEXE B: RÉPONDANTS AU SONDAGE TÉLÉPHONIQUE SUR LES STE

Secteur privé

Bjorn Anderson
Director
IBM Canada Laboratory
IBM Canada Ltd.
Don Mills

Bernard Aurouge
Directeur
Recherche et développement
Aliments Delisle Ltée
Boucherville

W. Avel
Engineering Manager
Mobil Oil Canada
Calgary

Morrel P. Bachynski
President
MPB Technologies Inc.
Ste-Anne-de-Bellevue

Michael Baldwin
Director, Research and Development
Dow Chemical Canada
Sarnia

Robert S. Bergner
Directeur, Programmes d'ingénierie
Division des produits ferroviaires
et diesel
Bombardier Inc.
Montréal

M. Bharucha
Directeur de la Division de la recherche
Centre de recherche de Noranda
Pointe-Claire

Jean-Marc Billy
Président
Bio-Agral
Québec

L.A. Borth
Vice-President, Engineering
Litton Systems Canada Ltd.
Toronto

C. Bowman
Vice-President, Research
Esso Petroleum
Sarnia

Russell Briggs
Vice-President, Exploration
Union Oil of Canada
Calgary

Peter Brojde
Vice-President of Engineering
Micom Data Systems Ltd.
Montréal

G.C. Bruce
Director of Research
Gulf Canada Limited
Mississauga

Terrence Burgan
Research Director
Algoma Steel Corporation Ltd.
Sault-Ste-Marie

Jean Carrière
Directeur du développement de
l'entreprise
Ingersoll-Rand Canada Inc.
Montréal

Lawrence Chanasyk
Manager, Engineering and Technical
Services
Versatile Farm Equipment
Winnipeg

Thomas Csathy
President
Burroughs Canada
Toronto

Simon Curry
Directeur, Recherche
Silicart
Montréal

Steven S. Danyluk
Vice-président
Recherches et techniques de l'environnement
Domtar Inc.
Montréal

D.H. Dawes
Research Manager
Dupont Canada Ltd.
Mississauga

Ian Dennett
Vice-President
New Products Research
Terminal Systems
Comterm Inc.
Pointe-Claire

J. Desbaillets
Gérant
Génie et hydraulique de pointe
Ateliers d'ingénierie Dominion Ltée
Lachine

Pierre Deschamps
AES Data Ltée
Montréal

O.L. Forgacs
Senior Vice-President
Research and Development
McMillan-Bloedel
Vancouver

Roger Giroux
Directeur de la recherche agro-alimentaire
Coopérative Agropur
Granby

Thomas Haksi
Vice-President, Research and Development
Sydney Development Corporation
Vancouver

Don Halme, ing.
Ingénieur en chef, Recherche et développement
Petro-Soleil Inc.
Division Thermo-solar
Longueil

Fred C.E. Henry
Coordinator, Research and Development
Manufacturing Engineering
General Motors of Canada Ltd.
Oshawa

Eric J. Holden
Manager, Research and Insulation Development
Fiberglas Canada Inc.
Toronto

T.W. Humphreys
Manager, Corporate and Technical Services
(John) Labatt Limited
Toronto

Jean-Paul Huni
Directeur adjoint, Réduction
Centre de recherches Alcan
Jonquière

Fred Kee
Director of Research
Ontario Hydro
Toronto

S. Koutitonsky
Premier chimiste à la mise au point
Division Recherche sur les emballages
CIP Inc.
Pointe-aux-Trembles

Allan Krantz
Director of Research
Syntex Inc.
Mississauga

Réal L'Archevêque
Vice-président
Développement technique
Le Groupe SNC
Montréal

Salim Lakhani
Manager, Development
Control Data
Nepean

Adrien Leroux
Président
Société Micro-électronique
industrielle du Québec
Sherbrooke

V.N. Mackiw
Executive Vice-President
Sherrit Gordon Mines Ltd.
Toronto

John Madden
President
New Media Technologies
Burnaby

Robert H. Marchessault
Vice-President
Xerox Research Centre of Canada
Mississauga

Murdoch McKinnon
CAE Industries Ltd.
Toronto

C.A.A. McPhee
Director of Research and Development
Federal Pioneer Ltd.
Toronto

Benoit Michaud
Directeur de fabrication
Berol Inc.
Lemoyne

George Miller
President and Director of Research
Nova-Husky Research Corp. Ltd.
Calgary

John Myles
Vice-President, Product Development
Microtel Pacific Ltd.
Burnaby

R.B. Nally
Manager of Technological Strategy
NCR Canada Ltd.
Mississauga

M. Thomas Neill
Vice-President, Research and
Development
Research Centre
Abitibi-Price Inc.
Mississauga

Glenn G. Nelson
Director, Technical Research
General Foods Inc.
Don Mills

John Nilson
Director, Research
Lumonics
Kanata

Charles E. O'Neill
Senior Vice-President, Research
INCO Limited
Toronto

P.E. Pashler
Vice-President, Corporate Technology
Canadian General Electric Co. Ltd.
Toronto

C.D. Patterson
President
Gandalf Data Ltd.
Nepean

M. Potter
Director
Central Electronics Group
Massey-Ferguson Ltd.
Toronto

D. Quan
Director, Research and Development
Corporate Research and Development
Department
Hawker Siddeley Canada Inc.
Toronto

Ronald Richardson
Manager of Engineering
Garrett Manufacturing Ltd.
Toronto

Serge Roch
Directeur de l'ingénierie
Harricana Métal Inc.
Amos

J.A. Roth
Chief Executive Officer
Bell-Northern Research Ltd.
Ottawa

Hugh C. Rowlinson
Vice-President, Research and Technology
C-I-L Inc.
Toronto

Aline Royer
Adjointe au président
Comterm
Pointe-Claire

B.J. Schnyder
Director of Research
Canada Packers Ltd.
Toronto

Robert Schutte
Director, Research Department
Syncrude Canada Ltd.
Edmonton

Lawrence Seeley
Manager, Metallurgical Technology
Corporate Technology Group
Falconbridge Ltd.
Falconbridge

A.K. Stuart
Chairman
Electrolyser
Toronto

Michael Sweet
Director, Research and Development
GEAC Computer Corporation
Markham

Noel G. Thomas
Director of Research
Dofasco Inc.
Hamilton

William Turner
Director, Planning and Strategy Development
Suncor Inc.
Toronto

Bart Van Cromvoirt
Research
Electrohome Ltd.
Kitchener

David Weind
Manager
Defence and Systems Research Division
Honeywell Ltd.
Willowdale

J.R. Whitbread
Vice-President
Research and Development Technology
Mitel Corp.
Kanata

Hugh Wynne-Edwards
Vice-président, Recherche et développement
Alcan International Ltée
Montréal

Gouvernement

Larry Barker
Manager, Pilot Plant
Canadian Food Products Development Centre
Portage La Prairie

Peter Barnes
Assistant Deputy Minister
Innovation and Technology Division
Ministry of Industry and Trade
Government of Ontario
Toronto

George Bata
Directeur
Institut de génie des matériaux
CNR
Boucherville

Hans Baumans
Directeur du secteur électronique
CRIQ
Ste-Foy

Kenneth E. Bell
Chef, céramique
Laboratoire des sciences minérales
CANMET
Énergie, Mines et Ressources Canada
Ottawa

Gilles Bergeron
Président
AQVIR
Québec

Pierre Berthiaume
Directeur de la recherche
Canadien National
Saint-Laurent

C.T. Bishop
Directeur
Division de biologie
Conseil national de recherches
Ottawa

Bertram C. Blevis
Directeur exécutif
Recherche
Ministère des Communications
Ottawa

Walter Bratsberg
Senior Consultant
Technical Development Industry Division
Ministry of Industry and Trade
Government of Ontario
Toronto

S. Bywater
Chef, chimie des hauts polymères
Division de chimie
Conseil national de recherches
Ottawa

P. Charbonnier
Conseiller scientifique supérieur
Bureau de recherche et développement énergétiques
Énergie, Mines et Ressources Canada
Ottawa

Jack Clark
Director
C-CORE
St. John's

Dan Clarke
Coordonnateur, Science et technologie
Ministère du Commerce et du Développement
Gouvernement du Nouveau-Brunswick
Frédéricton

Alan B. Cornford
Assistant Deputy Minister
Science and Technology Department
Ministry of Universities, Science, and Communication
Victoria

Pierre Coulombe
Directeur des sciences biologiques et biomédicales
Ministère de la Science et de la Technologie
Québec

Carl Crawford
Directeur
Division des recherches en bâtiment
Conseil national de recherches
Ottawa

E. Critoph
Vice-président et directeur général
Laboratoires nucléaires de Chalk River
Énergie atomique du Canada, Limitée
Chalk River

Glenn C.M. Derbowka
Director, Research and Development
Petro-Canada
Calgary

E.H. Dudgeon
Directeur
Division de génie mécanique
Conseil national de recherches
Ottawa

François Dugal
Directeur
Secteur des matériaux
CRIQ
Ste-Foy

Harry M. Ellis
Director, Research and Development
B.C. Hydro and Power Authority
Surrey

Emergy Fanjoy
Secretary
Council of Maritime Premiers
Halifax

F.A.A. Fergusson
Chef
Centre de recherches pour la défense - Atlantique
Dartmouth

Roger Foxall
Directeur
Laboratoire de recherches de l'Atlantique
Conseil national de recherches
Halifax

R. Gauvin
Chef de groupe, Polymères
Institut de génie des matériaux
CNRC
Boucherville

Laurie Gauvin
Conseiller cadre
Ministère de la Science et de la Technologie
Québec

Thobias Gilsig
Vice-président
Institut de recherche d'Hydro-Québec
Varennes

L.W. Gold
Directeur associé
Division des recherches en bâtiment
Conseil national de recherches
Ottawa

George Greenland
Director, Technical Services
Department of Development
Government of Newfoundland and Labrador
St. John's

S.S. Grimley
Directeur général
Programmes industriels
Conseil national de recherches
Ottawa

Camil Guy
Directeur
Direction des sciences de la société, de l'emploi et de la culture scientifique
Québec

Alex Guy
Deputy Minister
Department of Science and Technology
Government of Saskatchewan
Regina

Roger Higgin
Executive Coordinator, Alternate and Renewable Energy Group
Ministry of Energy
Government of Ontario
Toronto

John R. Holinsky
Directeur, Direction des programmes
Direction générale des sciences et des services professionnels
Approvisionnements et Services Canada
Hull

T. Howard
Executive Director
British Columbia Research
Vancouver

W.A. Hyles
Directeur, Direction des approvisionnements énergétiques
Office national de l'énergie
Ottawa

Julian Inglis
Chef
Division de l'évaluation de l'environnement
Direction de la protection de l'environnement du Nord
Affaires indiennes et du Nord Canada
Ottawa

Treval Jubb
Sous-directeur général
CANMET
Énergie, Mines et Ressources Canada
Ottawa

Claude Lajeunesse
Directeur des programmes de recherche orientée
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
Ottawa

Jean-Marc Lalancette
Vice-président à la recherche
Société nationale de l'amiante
Sherbrooke

Eugene LeBlanc
Director
Policy Analysis and Research Branch
Ministry of Health
Government of Ontario
Toronto

E.J. LeRoux
Sous-ministre adjoint
Direction générale de la recherche
Agriculture Canada
Ottawa

R.T. Lewis
Chef, Planification -- Recherche et Développement
Transports Canada
Ottawa

G.M. Lindberg
Directeur
Établissement aéronautique national
Conseil national de recherches
Ottawa

R. Mamen
Directeur
Laboratoire David Florida
Centre de recherches sur les communications
Ministère des Communications
Ottawa

I.B. McDiarmid
Directeur
Centre canadien des sciences spatiales
Conseil national de recherches
Ottawa

Douglas R. McDonald
Executive Director
Science and Engineering Services
Alberta Energy and Natural Resources
Edmonton

L.J. McGilveray
Chef, section de la biopharmaceutique
Santé et Bien-être Canada
Ottawa

William McMillan
Manager, Geoscience Projects
Energy, Mines and Petroleum Resources
Government of British Columbia
Victoria

Tom Nickerson
Nova Scotia Research Foundation
Halifax

A.E. Pitts
Secretary
Cabinet Committee on Research
and Development
Government of Ontario
Toronto

P.A. Redhead
Directeur
Division de physique
Conseil national de recherches
Ottawa

J. Clare Rennie
Assistant Deputy Minister
Technology and Food Services
Ministry of Agriculture and Food
Government of Ontario
Toronto

Edward Robertson
Deputy Minister
Industry, Trade and Technology
Government of Manitoba
Winnipeg

E. Rudback
Directeur exécutif
Centre de développement des transports
Transports Canada
Montréal

M. Sahasrabudhe
Directeur intérimaire
Institut de recherches sur les
aliments
Agriculture Canada
Ottawa

Jack Scrimgeour
Conseiller supérieur
Automatisation robotique et
industrielle - CAO/FAO
Conseil national de recherches
Ottawa

Douglas Smith
Manager, Adult and Continuing Education
Department of Industry
Government of Prince Edward Island
Charlottetown

Graeme Stathdee
Director, Research and Development
Potash Corporation of Saskatchewan
Mining Ltd.
Saskatoon

Y. Teklemariam
Director of Research
Department of Agriculture
Government of Alberta
Edmonton

Gordon Trick
Executive Director
Manitoba Research Council
Winnipeg

J.G. Turcotte
President
Ottawa-Carleton Research Institute
Ottawa

Gérard Turp
Directeur de production
CRIQ
Ste-Foy

Peter VanVliet
Vice-President, Planning and Development
Saskatchewan Telecommunication
Saskatoon

Alan Vanterpool
Director
Office of Science and Technology
Alberta Research Council
Calgary

Martin F. Walmsley
Science Advisor and Energy Coordinator
Ministry of Natural Resources
Government of Ontario
Toronto

Michael E. Weekes
Assistant Director, Research and Development
Saskatchewan Power Corporation
Saskatoon

Ernest J. Wiggins
Member
Alberta Oil Sands Technology and Research Inc.
Edmonton

David M. Wiles
Directeur
Division de chimie
Conseil national de recherches
Ottawa

C.H. Winget
Directeur général
Services techniques et de recherche
Service canadien des forêts
Agriculture Canada
Ottawa

K. Witham
Sous-ministre adjoint
Secteur de la recherche et de la technologie
Énergie, Mines et Ressources Canada
Ottawa

Universités/hôpitaux/fondations de recherche

R.L. Armstrong
Department of Earth Sciences
University of British Columbia
Vancouver

Robin Armstrong
Dean, Faculty of Arts and Science
University of Toronto
Toronto

J.G. Arthur
Department of Mathematics
University of Toronto
Toronto

M.T. Aye
Hôpital Général d'Ottawa
Ottawa

David W. Bacon
Dean, Faculty of Applied Sciences
Queen's University
Toronto

B. Banaschewski
Department of Mathematics
McMaster University
Hamilton

G.L. Baskerville
Dean, Faculty of Forestry
University of New Brunswick
Frédéricton

Aurèle Beaulnes
Directeur
Institut Armand Frappier
Laval-des-Rapides

Pierre Bélanger
Dean, Faculty of Engineering
McGill University
Montréal

Roger Blais
Département d'ingénierie industrielle
École Polytechnique de Montréal
Montréal

Maier Blostein
Directeur, Centre de recherches
Télécommunications
INRS
Île-des-Soeurs

A.S. Bregman
Department of Psychology
McGill University
Montréal

Robert Church
Department of Biochemistry
University of Calgary
Calgary

F.H. Clarke
Centre de recherche, Mathématiques appliquées
Université de Montréal
Montréal

B. Collier
Department of Pharmacology
McGill University
Montréal

Michael Collins
Department of Civil Engineering
University of Toronto
Toronto

Wm. Costerton
Department of Biology
University of Calgary
Calgary

J. Courville
Centre de recherches en sciences neurologiques
Université de Montréal
Montréal

Kenneth Davey
Department of Biology
York University
Toronto

C. Dawes
Department of Oral Biology
Faculty of Dentistry
University of Manitoba
Winnipeg

Jacques Desnoyers
Directeur scientifique
INRS
Québec

J-P. Dodelet
Énergie
INRS
Varennes

Robert Drouin
Vice-doyen à la recherche
Faculté de science et génie
Université Laval
Québec

S. Federoff
Department of Anatomy
College of Medicine
University of Saskatchewan
Saskatoon

J.A. Fortin
Département de foresterie
Université Laval
Québec

J.D. Friesen
Department of Medical Genetics
University of Toronto
Toronto

William Fyfe
Department of Geology
University of Western Ontario
London

Marcel Gagnon
Institut Armand Frappier
Université du Québec à Montréal
Montréal

A.I. Gotlieb
Vascular Research Lab
University of Toronto
Toronto

Steve Hanessian
Département de chimie
Université de Montréal
Montréal

G.B. Hill
Department of Epidemiology
Alberta Cancer Board
Edmonton

P.C. Holland
Agent scientifique
Institut neurologique de Montréal
Montréal

M.D. Hollenberg
Department of Pharmacology and Therapeutics
Health Science Centre
University of Calgary
Calgary

K. Kasher
Department of Biology
University of Guelph
Guelph

J. Kutney
Department of Chemistry
University of British Columbia
Vancouver

W.S. Lapp
Faculty of Medical Sciences
McGill University
Montréal

Peter Larkin
Associate Vice-President, Research
Institute for Animal Resource Ecology
University of British Columbia
Vancouver

Roger Leblanc
Département de biologie
Université du Québec à Trois-Rivières
Trois-Rivières

Ted Litherland
Department of Physics
University of Toronto
Toronto

Gordon MacLachlan
Dean, Department of Biology
McGill University
Montréal

A.W. MacLean
Department of Psychology
Queen's University
Kingston

G.W. Mainwood
Département de physiologie
Université d'Ottawa
Ottawa

M. Malcolm
Department of Computer Science
University of Waterloo
Waterloo

R.C. Miller
Department of Microbiology
University of British Columbia
Vancouver

Murray Moo-Young
Department of Chemical Engineering
University of Waterloo
Waterloo

A.B. Morrison
Directeur
Département des sciences de l'alimentation
Collège d'agriculture d'Alfred
University of Guelph
Guelph

Ralph Nicholls
Director, Centre for Research in Experimental Space Science
York University
Toronto

K.F. O'Driscoll
Department of Chemical Engineering
University of Waterloo
Waterloo

R. Quigley
Department of Civil Engineering
University of Western Ontario
London

E. Rasio
Unité métabolique
Hôpital Notre-Dame
Montréal

K.D. Roberts
Laboratoire d'endocrinologie
Hôpital Maisonneuve-Rosemont
Montréal

Janet Rossant
Department of Biology
Brock University
St. Catharines

Henry P. Schreiber
Département de chimie
École Polytechnique
Montréal

Herb Séguin
Department of Electrical Engineering
University of Alberta
Edmonton

L. Simovitch
Department of Biology
University of Toronto
Toronto

Barry Smith
Joint Program in Neonatology
Brigham and Women's Hospital
Boston, Mass.

A. Sniderman
Cardiovascular Research Unit
Royal Victoria Hospital
Montréal

Boris Stoicheff
Department of Physics
University of Toronto
Toronto

G.D. Sweeney
Faculty of Medicine
McMaster University
Hamilton

J.C. Szerb
Department of Physiology and
Biophysics
Dalhousie University
Halifax

W. Tennyson
Department of Mechanical Engineering
University of Toronto
Toronto

Jean-Claude Thibodeau
Urbanisation
INRS
Montréal

T. Vilis
Department of Ophthalmology
University of Western Ontario
London

D.A. Winter
Department of Kinesiology
University of Waterloo
Waterloo

Walter Zing
Department of Biomedical Engineering
University of Toronto
Toronto

ANNEXE C : RÉPONDANTS DE PETITES ENTREPRISES DE TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION

K. Adamsomer
President
Advanced Electronic Systems
Brampton, Ontario

Paul Bassett
Vice-President, Research
Netron Inc.
Downsview, Ontario

Glen Bell
Electronic Craftsmen Ltd.
Waterloo, Ontario

Carter Berezay
Sota Electronics Corporation
Winnipeg, Manitoba

A.D. Booth
President
Autonetics Research Associates
Sooke, Colombie-Britannique

W.S. Boyle
Atlantic Research Associates
Wallace, Nouvelle-Écosse

Richard Brancker
Richard Brancker Associates
Ottawa, Ontario

R.A. Crane
President
Ultra Lasertech Inc.
Mississauga, Ontario

Lee Danish
Process Technology Ltd.
Oromocto, Nouveau-Brunswick

E.O.G. Davies
President
Compris Ltd.
Ottawa, Ontario

Nick Dawes
Vice-President, Technology
Ashdune Software
Nepean, Ontario

Gordon English
President
Westronic Systems Ltd.
Vancouver, Colombie-Britannique

Jean Gaudreau
Équipement de télévision électroline
Saint-Michel, Québec

B.M. Grace
Cognos Incorporated
Ottawa, Ontario

G. Guild
Computrol Systems Ltd.
Vancouver, Colombie-Britannique

R. Gurevich
Pulse Engineering Ltd.
Winnipeg, Manitoba

R. Hamre
Valera Electronics
Ottawa, Ontario

J. Hewer
Inrel Communications
Ottawa, Ontario

Stephen Hill and
John Matherin
Epitek Electronics
Kanata, Ontario

A. Jarvis
CAD/CAM Graphics
Ottawa, Ontario

James Kestnes
Chief Scientist
Hitech Canada
Ottawa, Ontario

L. Klassen
Imata Systems
Ottawa, Ontario

Randall Leavitt
Prior Data Services
Nepean, Ontario

H. MacPherson
President
Seimac Ltd.
Bedford, Nouvelle-Écosse

Michael Mallory
President
Datamaster Corporation
Frédéricton, Nouveau-Brunswick

K.L. Mayer
Vice-President, Technology
Ontario Centre for Microelectronics
Ottawa, Ontario

G. McLintock
Targa Electronics Systems
Ottawa, Ontario

Pierre Ménard
Interactive Systems and Circuits Ltd.
Ottawa, Ontario

A.D. Miller
President
Miller Communication Systems
Kanata, Ontario

P. Mouroulis
Canadian Instrumentation and
Research Ltd.
Mississauga, Ontario

W.D. Mustard
Vice-President
Network Data Systems
Markham, Ontario

John Nassr
President
ICAM Technologie
Pointe-Claire, Québec

David Ray
Holman Electronic Controls
Frédéricton, Nouveau-Brunswick

Hugh Roddis
President
Orion Electronics Ltd.
Saulnierville, Nouvelle-Écosse

Lanny Rosicky
Vice-President, Technical Services
Dataline Inc.
Toronto, Ontario

Denise Simard
Entreprise d'électronique
Ville d'Anjou, Québec

D. Simpkins
President
Dees Communications
Delta, Colombie-Britannique

Charles Sooley
President
Digital Computers
Kitchener, Ontario

A. Tolloczko
Home Technics Ltd.
Peterborough, Ontario

M.M. Vassiliadis
Vice-President, Marketing
Optikon Corporation Ltd.
Waterloo, Ontario

K. Yates
President
AEI Telecommunications
Winnipeg, Manitoba

ANNEXE D : ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS LE TABLEAU 10

ALCAN	Aluminum Company of Canada
AOSTRA	Alberta Oilsands Technology and Research Authority
ARC	Alberta Research Council
ATI	Alberta Telephone International
BCRC	British Columbia Research Council
CAE	Canadian Aviation Electronics
CANMET	Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
C-CORE	Centre for Cold Ocean Resources Engineering
CCT	Centre canadien de télédétection
CNRC	Conseil national de recherches
CRDA	Centre de recherches pour la défense - Atlantique
CRDO	Centre de recherches pour la défense - Ottawa
CRDV	Centre de recherches pour la défense - Val Cartier
CRIQ	Centre de recherche industrielle du Québec
EACL	Énergie atomique du Canada, Limitée
EAN	Établissement aéronautique national
EMR	Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources
IGM	Institut de génie des matériaux
IMCME	Institut militaire et civil de médecine environnementale
IREQ	Institut de recherche d'électricité au Québec
MDA	MacDonald, Dettwiler and Associates
MDC	Ministère des Communications
MDN	Ministère de la Défense nationale
NSRFC	Nova Scotia Research Foundation Council
OCRS	Ontario Centre for Remote Sensing
ORF	Ontario Research Foundation
PAPRICAN	Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers
PRI	Petroleum Recovery Institute
REL	Ressources Eldorado Limitée
SACDA	Systems Analysis Control and Design Activity, Faculty of Engineering Science, University of Western Ontario
SRC	Saskatchewan Research Council